



Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för mark och miljö

Möjligheter att förutsäga kvävegödslingsbehov i höstvetete med Yara N-tester

*Possibilities to predict nitrogen fertilization demand in winter
wheat with Yara N-tester*

David Larsson

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för mark och miljö

David Larsson

Möjligheter att förutsäga kvävegödslingsbehov i höstvet med Yara N-tester
Possibilities to predict nitrogen fertilization demand in winter wheat with Yara N-tester

Handledare: Sofia Delin, institutionen för mark och miljö, SLU
Biträdande handledare: Carl-Magnus Olsson, Yara AB Sverige
Examinator: Bo Stenberg, institutionen för mark och miljö, SLU

EX0564, Självständigt arbete i biologi – magisterarbete, 30 hp, Avancerad nivå, A1E
Agronomprogrammet – inriktning mark/växt 270 hp

Serienamn: Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU
2012:17

Uppsala 2012

Nyckelord: N-Tester, klorofyllmätare, kvävegödsling, höstvet, precisionsodling

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Förord

Följande personer förtjänar ett stort tack då de hjälpt mig på vägen i mitt arbete; Sofia Delin (huvudhandledare), Carl-Magnus Olsson - Yara AB Sverige (biträdande handledare), Knud Nissen - Lantmännen, Bo Stenberg (examinator), Gunilla Frostgård - Yara AB Sverige, Axel Link Yara AB Tyskland samt de lantbrukare och rådgivare som tog sig tid att besvara enkäten.

Detta examensarbete är gjort i samarbete med Yara AB Sverige.

Abstract

The Yara N-Tester is a handheld chlorophyll meter which can be used in several different crops as an aid to determine if there is a need of complementary fertilization with nitrogen (N) or not. If the crop requires more N the N-Tester will recommend an amount in kg per ha. The possibility to assess the need of N depends on the strong relation that exists between chlorophyll- and N-concentration in the leaves of plants. In the multiannual trial series "Nitrogen to winter wheat at different soil conditions" measurements with the N-Tester was carried out at flag leaf emergence (GS 37). In this work the result of measurements, the N-Testers ability to estimate the need of N in winter wheat, will be presented for the years 2008-2011. The relation between the measurement value and the actual need of N is highly affected by current weather such as temperature and precipitation and the strongest correlation value was found in year 2010 ($r^2=0.68$) and the weakest in 2011 ($r^2=0.26$). When the recommendations differ from the actual need they are often too high. In addition to the compilation of field trial data farmers and advisers have been interviewed. The questionnaire was about the N-Tester as a tool and its reliability when it comes to estimating the need of N in winter wheat. Generally interviewed farmers are satisfied with the N-Tester even though some find it to overestimate the N-need. Advisers' attitudes are more negative and many question the relation between measurement value and actual N-need.

Keywords: N-Tester, chlorophyll meter, nitrogen fertilization, winter wheat, precision agriculture

Sammanfattning

Yaras N-Tester är en handburen klorofyllmätare som kan användas i ett flertal grödor som hjälpmedel för att avgöra huruvida det finns ett behov av kompletteringsgödsling med kväve (N) eller inte. Föreligger ett behov av ytterligare N rekommenderar N-Testern en giva i kg per ha. Möjligheten att kunna bestämma N-behovet beror på det starka samband som föreligger mellan klorofyll- och N-koncentration i växters blad. I den fleråriga försöksserien "Kväve till höstvetete vid olika markförutsättningar" har mätningar med N-Testern utförts i flaggbladsstadiet (DC 37). I detta arbete redovisas resultatet av mätningar åren 2008-2011 vad gäller möjligheten att uppskatta N-behovet hos höstvetete. Sambandet mellan mätvärde och faktiskt N-behov påverkas starkt av årsmånen och korrelationsvärdet var som bäst 2010 ($r^2=0,68$) och sämst 2011 ($r^2=0,26$). Då rekommendationerna avviker från det faktiska behovet är de oftast för höga. Utöver sammanställning av fältförsöksdata har även intervjuer med lantbrukare och rådgivare genomförts. Tillfrågade har besvarat en enkät rörande N-Testern som verktyg samt dess tillförlitlighet vid uppskattning av N-behov i höstvetete. Generellt sett är intervjuade lantbrukare nöjda med N-Testern trots att en del upplever att den överskattar N-behovet. Tillfrågade rådgivare är mer negativt inställda och ifrågasätter sambandet mellan mätvärde och faktiskt N-behov.

Nyckelord: N-Tester, klorofyllmätare, kvävegödsling, höstvetete, precisionsodling

Innehållsförteckning

Inledning.....	5
Litteraturstudie.....	6
Optimal kvävegödsling	6
Skörderelaterad N-gödslingsstrategi.....	6
N-gödslingsstrategi med delade givor.....	6
Delade N-givor till höstvet.....	7
N-Testern.....	8
Varför plantanalys och klorofyllmätare?	10
Felkällor vid mätning	12
Begränsningar med N-Testern	14
Material och metoder	15
Intervjuer	15
Fältförsök.....	15
Resultat.....	19
Intervjuresultat – Lantbrukare	19
Intervjuresultat – Rådgivare	23
Fältförsök.....	26
Diskussion	43
Slutsats	46
Referenser	47

Inledning

Kväve (N) är det växtnäringsämne som har störst påtaglig effekt på lantbruksgrödors avkastning och kvalitet. Tillförsel av tillräckliga mängder N är därför av stor vikt för att uppnå höga skördar med önskade kvalitetsegenskaper. N-gödselmedel är dock en stor utgiftspost vid växtodling och en gödslingsstrategi som ger en hög utnyttjandegrad är önskvärd för bästa möjliga ekonomiska utbyte av tillfört N. En för hög N-giva gör att N som grödan inte kunnat tillgodogöra sig går förlorat till sjöar och vattendrag via utlakning samt till atmosfären i gasform. En alltför kraftig N-gödsling är därmed inte enbart negativt för ekonomin utan även för miljön. Omvänt innebär en för låg N-giva att grödans potential inte utnyttjas till fullo vilket också är negativt för lantbrukarens ekonomi. Det gäller sålunda att tillföra grödan en optimal mängd N vilken bestäms av dess skörderespons samt den aktuella priskvoten mellan ett kg kväve och ett kg spannmål. Till höstvetete är en N-gödslingsstrategi i form av två- till tredelade givor ett bra sätt att utnyttja tillfört N. Delningarna möjliggör en bättre anpassning efter grödans utveckling vilken kan variera beroende på bl.a. sort, plats och årsmån. Vid kompletteringsgödslingen är det oftast flera faktorer som bestämmer hur mycket N man väljer att tillföra; erfarenheter från tidigare år, förväntad avkastning, okulär bedömning av beståndet samt ibland även hjälpmedel som kvantitativt ger ett mått på hur mycket N som behövs. N-Testern (tidigare kallad Kalksalpetermätare, Klorofyllmätare) är ett handburet hjälpmedel som kan användas för att skatta grödans N-status inför en kompletteringsgödsling och ge en rekommendation på mängden N som bör tillföras.

I detta arbete har jag undersökt N-Testerns förmåga vad gäller uppskattning av optimal N-giva till höstvetete. Arbetet är uppdelat i tre delar som var för sig behandlar N-Testern. En intervjudel där lantbrukare och rådgivare har fått svara på frågor i enkätform, en sammanställning av försöksdata samt en litteraturstudie som utöver N-Testern även behandlar N-gödslingsstrategier med delade givor. Syftet med intervjudelen var att ta reda på vad lantbrukare och rådgivare tycker om N-Testern. Särskilt intressant och viktig är frågan hur tillfrågade upplever verktygets tillförlitlighet vad gäller att ge korrekta rekommendationer vid kompletteringsgödsling med kväve. Syftet med utvärderingen av N-testenmätningar i fältförsök var först och främst att undersöka hur väl N-Testern presterar, dvs. hur bra rekommendationerna överensstämmer med kväveoptimum.

Litteraturstudie

Optimal kvävegödsling

Ekonomiskt optimal kvävegödsling definieras enligt jordbruksverkets skrift 'Riktlinjer för gödsling och kalkning 2012' som *"den gödslingsinsats där skördevärdet för det sista insatta kilot är lika stort som kostnaden för insatsen"* (Albertsson, 2011). Optimal kvävegödsling innebär således en tillförsel av kväve (N) som ger maximal ekonomiskt förtjänst. Denna N-giva kallas kväveoptimum (N_{opt}) och gödsling som avviker under eller över denna mängd resulterar i reducerad vinst för lantbrukaren (Olfs m.fl., 2005). En för kraftig N-gödsling medför förluster av dyrbar gödsel till vattendrag och atmosfär medan smågödsling med N gör att grödans potential inte utnyttjas till fullo. N_{opt} är inte konstant utan förändras hela tiden på grund av fluktuerande priser på N-gödsel och grödan. N_{opt} påverkas även av vilken sort av grödan som odlas, odlingsplatsen, förfrukt och årsmån (MacKenzie & Taureau, 1997). N_{opt} beräknas med hjälp av försöksresultat samt priser på N och grödan. Till försöksresultaten anpassas en produktionsfunktion i form av en andra- eller tredjegradskurva som beskriver skörden beroende på kvävegödslingsnivå. Där kurvans lutning, derivatan, är densamma som den aktuella priskvoten befinner sig N_{opt} (Albertsson, 2011).

Skörderelaterad N-gödslingsstrategi

Hur mycket N en gröda tar upp hänger samman med skördens storlek samt dess N-koncentration. Genom att göra en uppskattning av den potentiella avkastningen i förväg kan tillförseln av N bestämmas. Många N-gödslingsstrategier är just baserade på förväntad skörd vilket i princip är detsamma som den historiska genomsnittsavkastningen. Justering av den skörderelaterade riktivan bör göras med hänsyn till markens förväntade kväveleverans som kan uppskattas utifrån förfrukt, långsiktig kväveverkan från stallgödsel, sådatum samt lokalt och/eller regionalt avvikande betingelser. Erfarenheter vad gäller proteinhalt och liggsådesfrekvens bör också beaktas (Albertsson, 2011). Nackdelen med denna strategi är att skörd är svårt att prediktera, främst på grund av oförutsedda väderförhållanden som t.ex. torka vilket kan reducera avkastning och N-upptag avsevärt (Olfs m.fl., 2005). Resultatet av en N-gödslingsstrategi enbart baserad på förväntad skörd leder därmed ofta till felaktig N-gödsling (MacKenzie & Taureau, 1997).

N-gödslingsstrategi med delade givor

Globalt sett är N det växtnäringsämne som det gödslas med mest till vete och användningen av N-gödselmedel har ökat avsevärt de senaste decennierna (Singh m.fl., 2010). Avkastningen har däremot inte svarat på den ökade tillförseln av N och kärnsköörden har kontinuerligt minskat sett till mängden tillförd N-gödsel (Dobermann m.fl., 2002). Utnyttjandegraden av tillfört N, NUE (Nitrogen Use Efficiency) är i vissa fall så låg som 30 % enligt Krupnik m.fl. (2004) och den främsta orsaken till detta är en ineffektiv delning av N-givorna (Singh m.fl., 2010). Enligt Wells (1984) har studier visat att mängden insatt N-

gödselmedel kan minska med 10-30 % då en N-gödslingsstrategi med delade givor tillämpas samtidigt som NUE förbättras. Till skillnad från den globala ökande användningen av N-gödselmedel har Europa stadigt minskat sin användning sedan början av 1990-talet (Fertilizers Europe, 2011). Viss överdosering sker dock vilket Stenberg m.fl. (2009) fann i svenska undersökningar med höstvet. Den för kraftiga N-gödslingen berodde oftast på att man ville försäkra sig om att uppnå tillräckligt hög proteinhalt. Trots den minskade användningen av N-gödselmedel i Europa finns det mycket att vinna, ekonomiskt och miljömässigt, på att tillämpa en delad N-gödslingsstrategi. En N-gödslingsstrategi med delade givor ger lantbrukare en bättre möjlighet att tillföra rätt mängd N på rätt plats och vid rätt tidpunkt på grund av de variationer som finns mellan fält och år vilka är svåra att förutsäga vid det tidiga spridningstillfället. Detta bidrar dessutom till att avkastningsstabiliteten förbättras på grund av minskad liggsädesfrekvens och minskade angrepp av skadesvampar (Ellen, 1980).

Delade N-givor till höstvet

Delning av N-givan innebär att tillförsel av N delas upp på två till tre delgivor under växtodlingssäsongen. I praktiken innebär detta att huvudgivan hålls nere så att man kan anpassa kompletteringsgivan efter årsmånen om det över huvud taget finns ett behov av mer N. Enligt Albertsson (2011) är delade N-givor till höstvet främst av intresse då avkastningsnivån förväntas bli hög och/eller vid odling av kvarnvet med proteinhalter på >11,5%.

I väl etablerade bestånd av höstvet finns inget behov av en tidig tillförsel av N, en sk. bestockningsgiva. Denna giva ger sällan någon skördeökning och kvävet riskerar istället att gå förlorat till vattendrag och atmosfär innan det kommit grödan tillgodo. Ökad risk för liggsäd föreligger dessutom då strållängden tenderar att öka med tidiga N-givor. Undantag finns emellertid; i områden med ofta förekommande försommartorka kan en tidig giva vara fördelaktigt så tillfört N är växttillgängligt vid stråskjutning, i mycket svaga bestånd kan bestockningen förbättras av en tidig giva vilket ökar möjligheterna till en god avkastning (Yara, 2012). Bortsett från dessa undantag sker oftast första gödslingstillfället någon vecka innan stråskjutningen då tillväxten tagit fart.

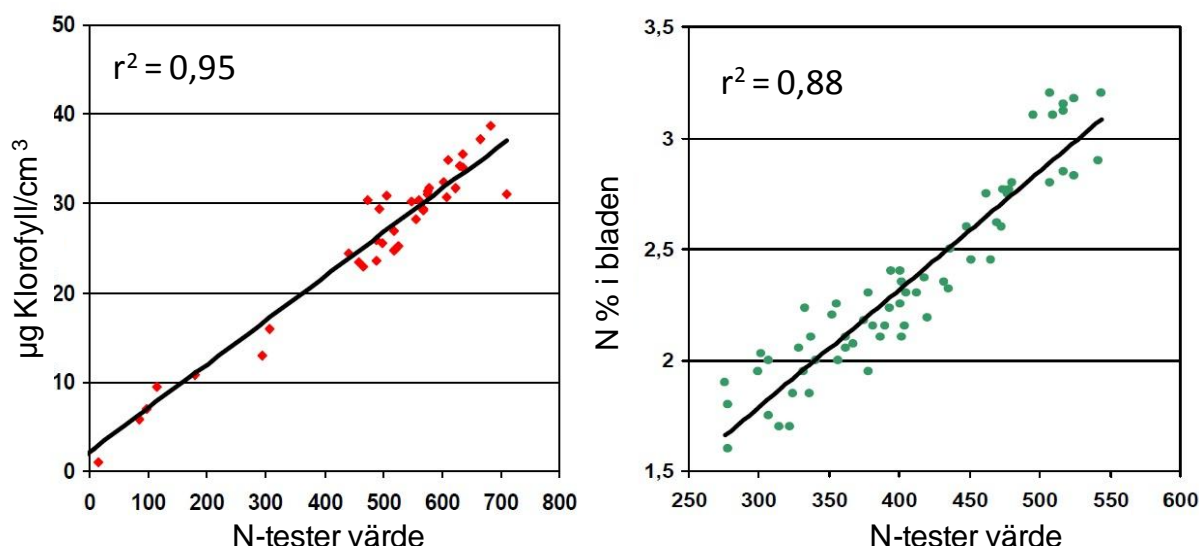
En tvådelad N-giva är främst aktuell då hög avkastning förväntas eller då en proteinhalt på >11,5% är målsättningen. Uppdelningen sker vanligtvis i en huvudgiva (DC 23) och en stråskjutningsgiva (DC 37). Det första gödslingstillfället, huvudgivan, sker i senare delen av bestockningsfasen vilket infaller i mitten av april till några dagar in i maj månad beroende på var i landet man befinner sig samt förväntad väderlek. Grundrekommendationen för hur den totala mängden N skall fördelas på de två gödslingstillfällena är att 70 % läggs som huvudgiva och resterande 30 % läggs i flaggbladsstadiet. År då huvudgivan fördröjs, exempelvis på grund av dålig bärighet, bör dennas andel av totalmängden N ökas. På N-fattiga jordar bör huvudgivan läggas två till tre veckor tidigare (DC 22) och mängden bör

dessutom minskas till ungefär 30 % varpå resten läggs innan stråskjutningen (DC 30) (Albertsson, 2011).

Till skillnad från den tvådelade N-givan är en uppdelning på tre gödslingstillfällen främst intressant då både hög skörd förväntas och en viss proteinhalt skall uppnås. Vid en tredelad N-giva minskas huvudgivan (DC 23) något (60 %) i jämförelse med den tvådelade strategin. Resterande mängd N delas jämnt och läggs vid tidig (DC 31) respektive sen stråskjutning (DC 39). Uppdelningen av totalmängden N blir således 60+20+20 för de tre gödslingstillfällena. Precis som vid en tvådelad N-giva kan en alternativ strategi tillämpas på N-fattiga jordar. Lämplig uppdelning av delgivorna är 30+50+20 i utvecklingsstadierna DC 22, DC 30 och DC 39 (Albertsson, 2011). I båda systemen, tvådelad respektive tredelad N-gödslingstrategi, ges möjligheten att anpassa den sista delgivan, kompletteringsgivan (DC 37-45), efter årsmån. År då N-behovet är mindre än normalt kan kompletteringsgivan sänkas eller helt uteslutas medan densamma kan ökas under gynnsamma år. De år då höstsäden är i behov av ytterligare mängd N svarar den ofta med både högre skörd och högre proteinhalt vid kompletteringsgödsling. En tidig kompletteringsgiva påverkar främst avkastningen medan ett senare gödslingstillfälle har större inverkan på proteinhalten (Yara, 2012). För att kvantitativt bedöma behovet av N vid kompletteringsgödsling kan N-Testern användas.

N-Testern

N-Testern är en handburen klorofyllmätare utvecklad av Yara International (Oslo, Norge). Verktøget kan användas för att uppskatta N-status i växande gröda och få en rekommendation på hur mycket N som bör tillföras. N-Testern bygger på SPAD 502, en annan klorofyllmätare som är framtagen av Minolta Corp. (Tokyo, Japan) (Ortuzar-Iragorri m fl., 2005). Skillnaden mellan verktygen är att N-Testern ger ett medelvärde efter 30 st mätningar medan SPAD 502 anger ett värde för varje mätning. N-Testern kan dessutom, om standardavvikelsen av mätningarna är för stor, kräva fler mätningar (Eek, 2002). Utöver det är N-Testern speciellt anpassad för agronomiska ändamål (Ortuzar-Iragorri m fl., 2005) och är särskilt lämplig vid en N-gödslingsstrategi med delade givor (Neukirchen & Lammel, 2002). Möjligheten att kunna bestämma N-behovet med N-Testern bygger på att det finns ett starkt samband mellan klorofyll- och N-koncentration i växters blad (Olfs m fl., 2005) (figur 1).

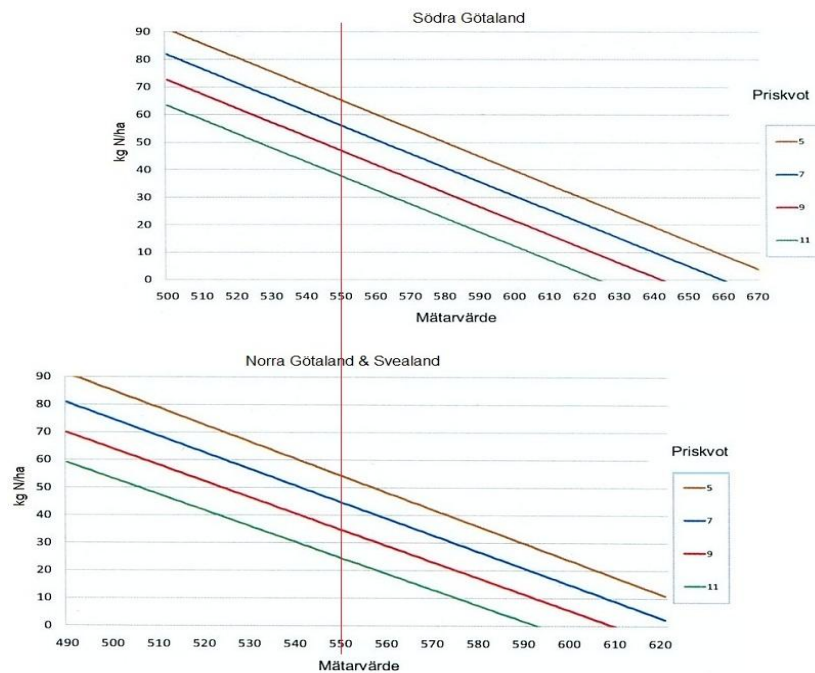


Figur 1. N-Testervärden och dess korrelation till klorofyllmängd (t.v) och N-koncentration (t.h). Graferna baseras på försök från 1993 utförda vid Yaras Research Centre, Tyskland. Tobak användes som försöksgröda pga. dess goda respons på olika N-givor (Efter Brentrup, 2011).

Klorofyllmätarvärden har visat sig korrelera väl till den faktiska N-koncentrationen i flera grödor såsom korn (*Hordeum vulgare* L.) (Weinhold & Krupinsky, 1999), ris (*Oryza sativa* L.) (Peng m fl, 1993), majs (*Zea mays* L.) (Schepers m fl., 1992) och vete (*Triticum aestivum* L.) (Follet & Follet, 1992; Peltonen m fl, 1995). Att med N-Testern mäta klorofyllkoncentrationen sker med hjälp av två lysdioder som ljuskälla och en kiselselfotodiod som registrerar det ljus som passerat bladet, den s.k. transmittansen (Yara AB, 2011). Lysdioderna och kiselselfotodioden är monterade på det tångliknande huvudet på N-Testern vilket kläms runt bladen vid mätning. Ljustransmittansen mäts specifikt för två olika våglängder, rött ljus (650 nm) och nära infrarött ljus (NIR, 960 nm) (Ortuzar-Iragorri m fl., 2005). Det röda ljuset på 650 nm ligger nära en av två topparna där klorofyll absorberar som mest ljus, 660 nm (Taiz & Zeiger, 2006), och ett blad med hög klorofyllkoncentration kommer därmed inte släppa igenom mycket av denna våglängd. Det nära infraröda ljuset på 960 nm fungerar som referens och korrigerar för olika bladtjocklek samt viss reflektion (Eek, 2002). Ljuset från ovan angivna våglängder omvandlas till elektrisk spänning varpå ett enhetslöst mätvärde räknas ut (Markwell m fl., 1995) som är proportionellt mot den totala mängden klorofyll i bladen (Neukirchen & Lammel, 2002). Det erhållna värdet sortkorrigeras och därefter görs en avläsning mot ett diagram som är grödspecifikt varpå man får en rekommenderad gödselgiva i kg N per ha. Diagrammens rekommenderade gödselgivor stämmer bara om mätning görs i de utvecklingsstadier som anges då grödans behov och koncentration av N varierar över tid (Havlin m.fl., 2005). En nyare version av N-Testern finns tillgänglig där man innan mätning knappar in gröda, sort och utvecklingsstadium. Istället för ett enhetslöst värde får man efter avslutad mätning en direkt rekommendation i kg N/ha.

I Sverige kan N-Testern användas i höst- och vårvete, höst- och vårkorn, råg, rågvete och potatis. I höstgrödorna och vårvete görs mätningar på bladet under flaggbladet i DC 37-45

(Zadoks m fl., 1974) och i vårkorn på det yngsta fullt utvecklade bladet i DC 30-32. I potatis sker mätning 5-6 veckor efter uppkomst på det tredje bladet uppifrån. Störst underlag för gödslingsrekommendationer finns för höstvetete med möjlighet att korrigera för över 650 olika sorter. Unikt för höstvetete i Sverige är att man har olika rekommendationer för två olika regioner; Södra Götaland och Norra Götaland & Svealand. Man kan dessutom anpassa gödselgivans storlek efter aktuell priskvot (pris N kg/pris spannmål kg) vilket i nuläget inte är utvecklat för andra grödor (figur 2). Rekommendationer finns för priskvoterna 5,7,9 och 11 (Yara AB, 2011).

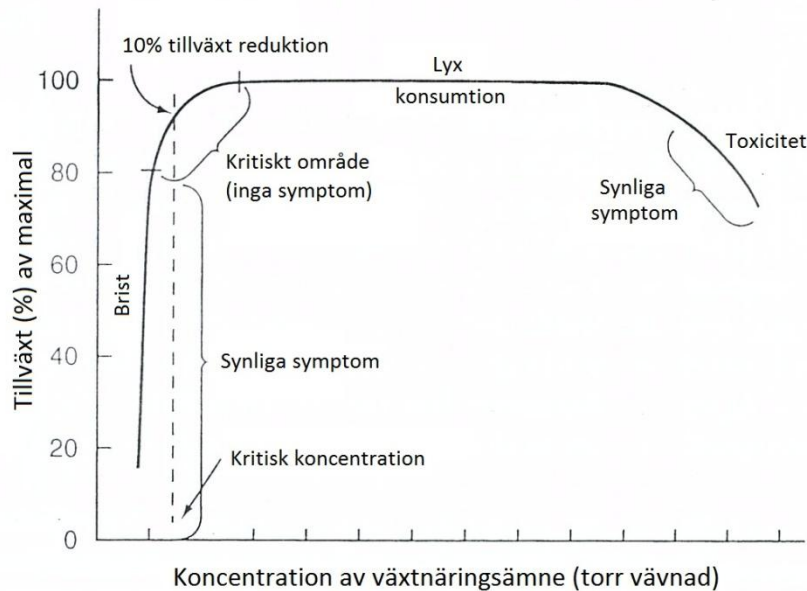


Figur 2. N-rekommendationer i höstvetete för Södra Götaland och Norra Götaland & Svealand 2011 med fyra olika priskvoter. Strecket genom graferna visar hur samma mätarvärde ger olika rekommenderad giva, kg N/ha, i de två regionerna.

Varför plantanalys och klorofyllmätare?

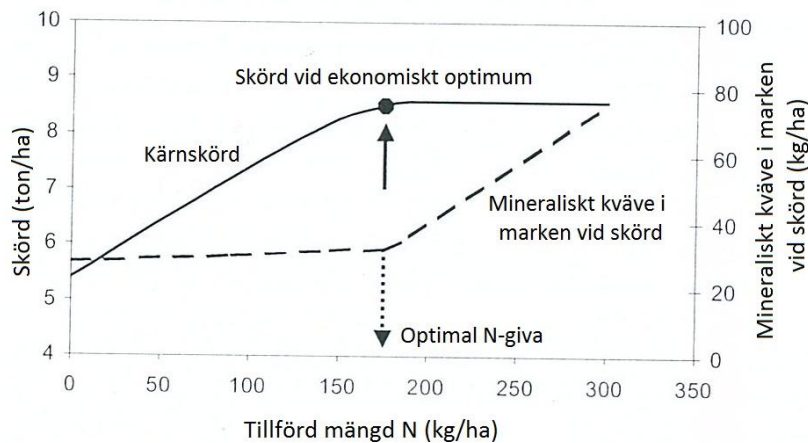
Plantanalys, till skillnad från markanalys, bygger på att grödan är den bästa bedömningsgrunden för tilläggsgödsling. Vid analys får man ett resultat på de interaktioner som finns mellan mark och växt. Resultatet, dvs. N-koncentrationen, beror på många olika faktorer såsom tidigare gödsling, mineralisering, förfrukt, rottillväxt, N-upptagningsförmåga, vattenstatus etc. (Rice m.fl., 1995). Markanalys som kvävekartering tidigt på våren är dyrt och tidskrävande och säger dessutom inget om mängden N som kommer mineraliseras fram till gödslingstillfället. Analysmetoder för att avgöra N-mineralisering är också en osäker grund att basera gödsling på då dessa endast avser den potentiella mineraliseringsförmågan (Olfs m.fl., 2005) vilken dessutom är kraftig beroende av årsmån.

Den enklaste, äldsta och än idag mest använda plantanalysen är den okulära, dvs. en visuell bedömning av grödans färg och täthet (Wollring m.fl., 1998). Denna metod är varken tidskrävande eller kostsam och kräver inga hjälpmedel som teknisk apparatur eller liknande. Nackdelen med en okulär bedömning är att den inte ger ett kvantitativt mått på mängden N som bör tillföras grödan. Grödan kan dessutom vara i behov av N utan synliga bristsymptom, sk. dold hunger, vilket reducerar avkastningen (figur 3).



Figur 3. Förhållandet mellan avkastning och koncentrationen av växtnäring i grödan. Kritiskt område innebär en sänkt avkastning utan synliga bristsymptom (Efter Havlin m.fl., 2005).

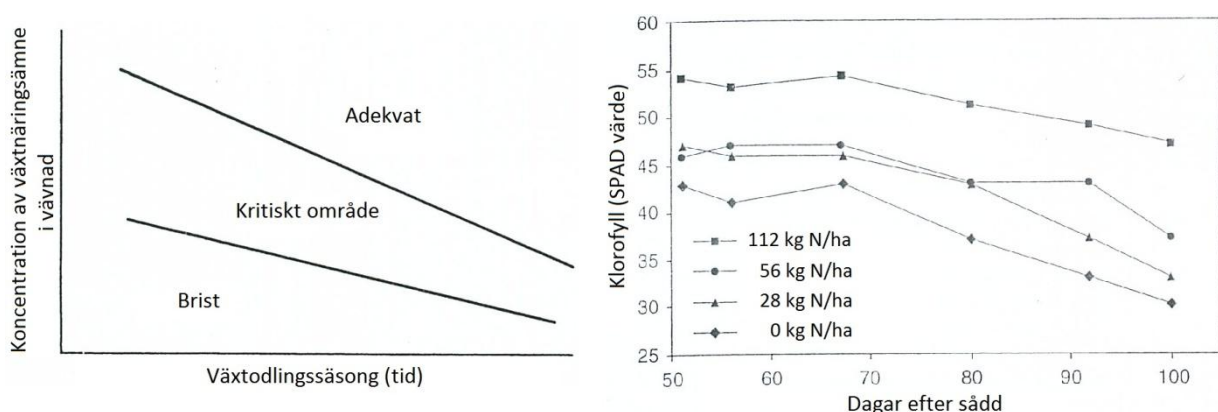
Klorofyllmätare som N-Testern, med utarbetade gödslingsrekommendationer, ger för det aktuella tillfället ett kvantitativt mått på hur mycket kväve som bör tillföras beroende på priskvot. Utförandets tidsåtgång är i jämförelse med många andra analysmetoder blygsam och det är dessutom billigt och enkelt. Den dolda hunger som kan ge avkastningsreduceringar kan förebyggas då mätaren kan registrera brist som inte ännu är synlig för ögat. En alltför kraftig N-gödsling kan också förhindras för att undvika ökad utlakning (figur 4) och sämre utnyttjandegrad av tillfört N. Överoptimal N-gödsling leder dessutom till ökad risk för liggsäd och angrepp av skadesvampar (Ericsson, 1998).



Figur 4. Schematisk beskrivning av sambanden mellan N-giva, avkastning och utlakning. Mineraliskt kväve i marken vid skörd är det N som riskerar att lakas ut. (Efter Olfs m.fl., 2005).

Felkällor vid mätning

Mätfel kan uppstå om N-Testern inte används korrekt och/eller under fel förhållanden. För att få en rekommenderad gödselgiva som stämmer är det till en början viktigt att mätning sker i rätt utvecklingsstadium. För höstveten under svenska förhållanden är detta vid DC 37-45, dvs. från sen stråskjutning till mitten av axets vidgning. Att mäta vid rätt utvecklingsstadium är viktigt pga. att koncentrationen av växtnäringsämnen och grödans behov varierar under säsongen (figur 5). N-koncentrationen tenderar att minska med grödans ålder (Havlin m.fl., 2005). Enligt Ziadi m.fl. (2010) har flera studier med vete visat på högre klorofyllmätarvärden vid stråskjutningen i jämförelse med mätningar två veckor efter blomning. Skulle N-Testern användas tidigare än rekommenderat kan den föreslagna gödselgivan bli för låg och det omvända om mätning skulle ske för sent.



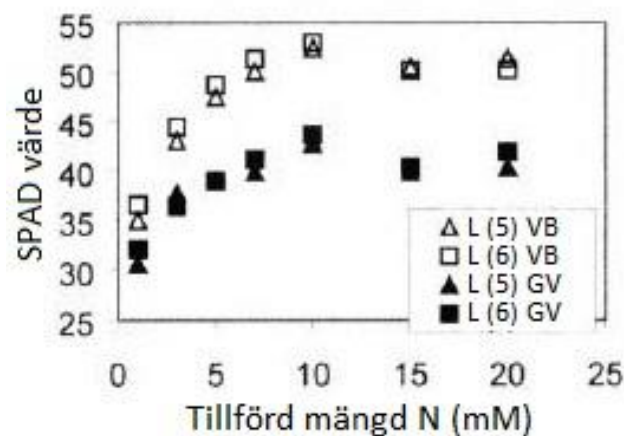
Figur 5. T.v: Generellt förhållande vad gäller koncentrationen av växtnäring i blad under odlingsäsongen. T.h: Påverkan av olika N-givor och ålder på SPAD mätarvärden i majs (Efter Havlin m.fl., 2005).

Det är inte bara tidpunkten som är viktig vid mätning utan även var mätningen sker. Det blad som skall mätas är det senast fullt utvecklade bladet eller bladet under flaggbladet beroende på gröda. Gastal m.fl. (2001) föreslog att man i gräsbestånd skulle mäta de översta fullt utvecklade bladen för att bestämma N-koncentrationen. Detta baserade man på att N-koncentrationen i de översta bladen inte påverkades av åldrande eller skuggning av övre bladnivå. Man antog även att dessa blad direkt påverkades om N-brist förelåg vilket gjorde dem lämpliga för mätning. Metoden har framgångsrikt använts för gräs (Duru, 2004; Farruggia m.fl., 2004) och då man mätte det senaste fullt utvecklade bladet i majs (Ziadi m.fl., 2009). Utöver de skillnader i klorofyllhalt och N-koncentration som finns mellan bladnivåerna är det även en gradient på ett och samma blad. Enligt Prioul m.fl. (1980) finns hos gräs och gräslänkande växter, som vete, en avtagande gradient från toppen av bladet in till basen. Detta observerades även av Matsunaka m.fl. (1997) då man gjorde mätningar med klorofyllmätare i höstvet i DC 39. Man konstaterade pga. detta att mätningar bör göras på mitten av bladskivan. Det faktum att det föreligger en gradient vad gäller klorofyllhalt längs bladet gör att man vid mätning bör vara konsekvent med var man mäter. Detta gäller speciellt då mätningar görs på blad som inte är fullt utvecklade. Schepers m.fl. (1992) fann nämligen vid mätningar i majs att gradienten blev minimal efter att bladet var fullt utvecklat och snärpen var helt synlig.

Som tidigare nämnts är det viktigt att korrigera för den sort av grödan som odlas för att få en korrekt rekommenderad gödselgiva. Olika sorter har en genetisk förutbestämd klorofyllkoncentration (Uzik & Zofajova, 2000) vilket man måste ta hänsyn till om man ska basera gödslingsrekommendationer på klorofyllmätarvärden (Olfs m.fl., 2005). Denna sortskillnad har styrkts vid försök med höstvet i Europa; Tyskland (Hecht-Buchholz & Ortmann, 1994), Norge och Frankrike (Hoel, 2002). Enligt Monje & Bugbee (1992) beror sortskillnader på följande faktorer; pigmentkoncentration, ljusreflektans från bladytan, ljusets brytning i mesofyllet samt hur klorofyllet är fördelat inne i bladet.

Utöver de felkällor som kan uppstå pga. att mätning görs på fel delar av grödan och/eller i fel stadie kan även yttre faktorer såsom tillgången på andra växtnäringsämnen och vatten påverka mätvärdet. Svavel (S) är det växtnäringsämne som efter N påverkar klorofyllkoncentrationen tydligast (Wells m.fl., 1992). För att kunna förlita sig på mätvärden och gödslingsrekommendationer är det därför viktigt att grödan inte lider brist på S. Enligt Yara (2011) är andra växtnäringsämnens påverkan på mätvärdet försumbar. Vid vattenstress, torka, kan mätvärdet hos klorofyllmätare påverkas. Klorofyllkoncentrationen tenderar att öka (Ommen m.fl., 1999) utan att detta innebär en bättre N-status hos grödan (Olfs m.fl., 2005). Detta har bekräftats i försök där man gjort mätningar med SPAD 502 på höstvetplantor som utsatts för vattenstress (figur 6). Man kunde visa att mätarvärdet hos SPAD 502 var signifikant högre (LSD 0,05) hos de plantor som led av vattenbrist (Barraclough & Kyte, 2001). Mätning med N-Testern i ett bestånd som varit utsatt för torka kan därmed rekommendera en för låg N-giva än grödans faktiska behov. Samtidigt kan långvarig

vattenstress leda till att avkastningspotentialen sänks. Lägre skörd innebär ett mindre behov av N och den rekommenderade N-givan riskerar då istället att bli för hög.



Figur 6. Effekten av olika tillgång till N och vatten på mätarvärdet hos SPAD 502. Mätningar gjordes på blad fem (5) och blad sex (6). VB = vattenbrist, GV= god vattentillgång (Efter Barraclough & Kyte, 2001).

Begränsningar med N-Testern

En stor nackdel med N-Testern i höstvetete under svenska förhållanden är dess begränsning för användning vid ett enda tillfälle; DC 37-45. Ytterligare ett tillfälle för mätning tidigare under säsongen vore fördelaktig. I Tyskland finns gödslingsrekommendationer för tidig stråskjutning, DC 30-32. Detta är ett kritiskt stadiet i höstvetets utveckling och finns behov av mer N hos grödan kan man tillföra detta nu och oftast då utan att avkastningen reduceras (Simán, 1974). Den tidiga stråskjutningen, DC 30-32, har stor påverkan på skörden då det är nu många av avkastningskomponenterna avgörs. Tillräckligt med N vid tidig stråskjutning gynnar kärntätheten (antal kärnor/planta och antal kärnor/ytenhet), förlänger småaxdifferentieringsfasen och minskar reduktionen av småax- och blomanlag. Konkurrensen inom växten minskar dessutom vilket främjar möjligheterna för utveckling av blomanlagen (Fogelfors, 2001).

En annan svaghet är N-Testerns oförmåga att bedöma och ta hänsyn till markens kvävelevererande förmåga. Vid mätning är det klorofyllkoncentrationen, indirekt N-koncentrationen, som mäts för just den tidpunkten. Den rekommendation man erhåller för hur mycket N som bör tillföras beaktar således inte hur mycket växttillgängligt N som finns i marken. Detsamma gäller den mängd N som kommer mineraliseras från mättidpunkten fram till skörd.

Material och metoder

Intervjuer

Vid intervjuer med lantbrukare och rådgivare användes SLU's (Sveriges lantbruksuniversitet) enkätgenerator. Två olika frågeformulär skapades, ett för lantbrukare och ett för rådgivare. De två olika grupperna kontaktades via e-mejl med en bifogad länk till enkäten. E-mejladresser till lantbrukare som utnyttjar N-sensorn tillhandahålls av Knud Nissen på Lantmännen. Rådgivarorganisationer som kontaktades var Hushållningssällskapet, Växtråd samt Lovanggruppen. Båda enkäterna var öppna och möjliga att besvara i sex veckor. När enkäterna stängdes hade 33 lantbrukare respektive 41 rådgivare besvarat enkäterna. Till lantbrukare skickades en påminnelse ut efter två veckor på grund av låg svarsfrekvens.

Fältförsök

All försöksdata som använts kommer från den fleråriga försöksserien M3-2278 "Kväve till höstvetete vid olika markförutsättningar". Data som använts i arbetet är från 49 individuella försök åren 2008-2011 (tabell 1). Syftet med försöksserien är att studera markens kvävelevererande förmåga under olika odlingsförutsättningar mätt som N-skörd i ogödslad led och nettomineralisering i gödslad led (tabell 2, 3 & 4) samt studera hur dessa påverkar den optimala N-givan. I försöken har det dessutom gjorts mätningar med N-Testern i DC 37. Dessa värden har använts i detta arbete och med hjälp av formler, tillhandahållna av YARA, räknats om till rekommenderade N-gödslingsgivor i kg per ha. Formeln uppdateras årligen efter nya försöksdata och vid uträkning till kg N/ha har den aktuella formeln för gällande år använts.

Tabell 1. Antal försök per år som använts i arbetet samt parcellstorlek, skördeyta och fältplan. Randomiserad blockdesign har tillämpats.

År	Antal försök	Parcellstorlek	Skördeyta	Fältplan
2008	11	3x17=54m ²	>2x10=20m ²	9 ledx4 block=36 rutor.
2009	12	3x17=54m ²	>2x10=20m ²	10 ledx4 block=40 rutor.
2010	15	3x12=36m ²	>2x10=20m ²	10 ledx4 block=40 rutor.
2011	11	3x12=36m ²	>2x10=20m ²	10 ledx4 block=40 rutor.

Tabell 2. Försöksplan 2008. Gödselmedel Axan NS 27-4. Tidig giva=25 mars-5 april, normal giva=15-25 april.

	Tidig	Normal	DC 37-39	Totalt
A	0	0	0	0
B	40	0	0	40
C	40	40	0	80
D	40	80	0	120
E	40	120	0	160
F	40	160	0	200
G	40	200	0	240
H	40	40	efter rek.	
I	40	120	efter rek.	

Tabell 3. Försöksplan 2009. Gödselmedel Axan NS 27-4 förutom vid normal tidpunkt i led J där NS 32-5 användes. Tidig giva=25 mars-5 april, normal giva=15-25 april.

	Tidig	Normal	DC 37-39	Totalt
A	0	0	0	0
B	40	0	0	40
C	40	40	0	80
D	40	80	0	120
E	40	120	0	160
F	40	160	0	200
G	40	200	0	240
H	40	40	efter rek.	
I	40	120	efter rek.	
J	40	120	0	160

Tabell 4. Försöksplan 2010 & 2011. Gödselmedel Axan NS 27-4. Tidig giva=25 mars-5 april (Mellansverige) och 15 mars-25 mars (Sydsverige), normal giva=15-25 april (Mellansverige) och 5-15 april (Sydsverige).

	Tidig	Normal	DC 37-39	Totalt
A	0	0	0	0
B	40	0	0	40
C	40	40	0	80
D	40	80	0	120
E	40	120	0	160
F	40	160	0	200
G	40	200	0	240
H	40	240	0	280
I	40	40	efter rek.	
J	40	120	efter rek.	

Därefter har korrelationen (r^2) mellan N-Testerns rekommendation och den optimala N-givan bestämts med regressionsanalys, dvs. hur väl N-Testerns rekommendations korrelerar till det faktiska N-behovet som förelåg för att nå N_{opt} vid priskvot 9. Resultatet för ett och samma år skilde sig relativt mycket åt beroende på hur man valt att behandla negativa N-Tester rekommendationer samt negativa N-behov, dvs. när N-Testerns display visat 0 kg N/ha och när N_{opt} redan passerats och N-behovet redan är uppfyllt. Negativa N-Tester värden existerar inte då man använder sig av mätaren i fält men här har rekommendationerna räknats fram enligt en formel som möjliggör sådana värden. Ytterligare en faktor som påverkar resultaten är huruvida man inkluderar de ogödslade leden, 0 kg N/ha, i regressionsanalysen eller inte. R^2 -värden har tagit fram på fyra olika sätt:

- 1) Negativa N-Tester värden samt negativa N-behov (fattas till N_{opt}) oförändrade, ej satta till 0 kg N/ha. Ogödslade led inkluderade.
- 2) Negativa N-Tester värden samt negativa N-behov (fattas till N_{opt}) oförändrade, ej satta till 0 kg N/ha. Ogödslade led exkluderade.
- 3) Negativa N-Tester värden samt negativa N-behov (fattas till N_{opt}) satta till 0 kg N/ha. Ogödslade led inkluderade.
- 4) Negativa N-Tester värden samt negativa N-behov (fattas till N_{opt}) satta till 0 kg N/ha. Ogödslade led exkluderade.

Fokus har i arbetet lagts på alternativ 3. Anledningen till detta är att det är mer realistiskt att behandla negativa N-Tester värden respektive negativa N-behov (fattas till N_{opt}) som 0 kg N/ha. Detta beror på att N-Testern inte kan ge negativa rekommendationer och vad gäller N-behov (fattas till N_{opt}) så innebär ett negativt värde att N_{opt} redan är uppfyllt och därmed är behovet 0 kg N/ha. Att inkludera de ogödslade leden, vilket man gör i alternativ 3, bör ge en mer rättvis bild av N-Testerns förmåga att skatta N-behov då man använder sig av ogödslade led vid den årliga kalibreringen av verktyget.

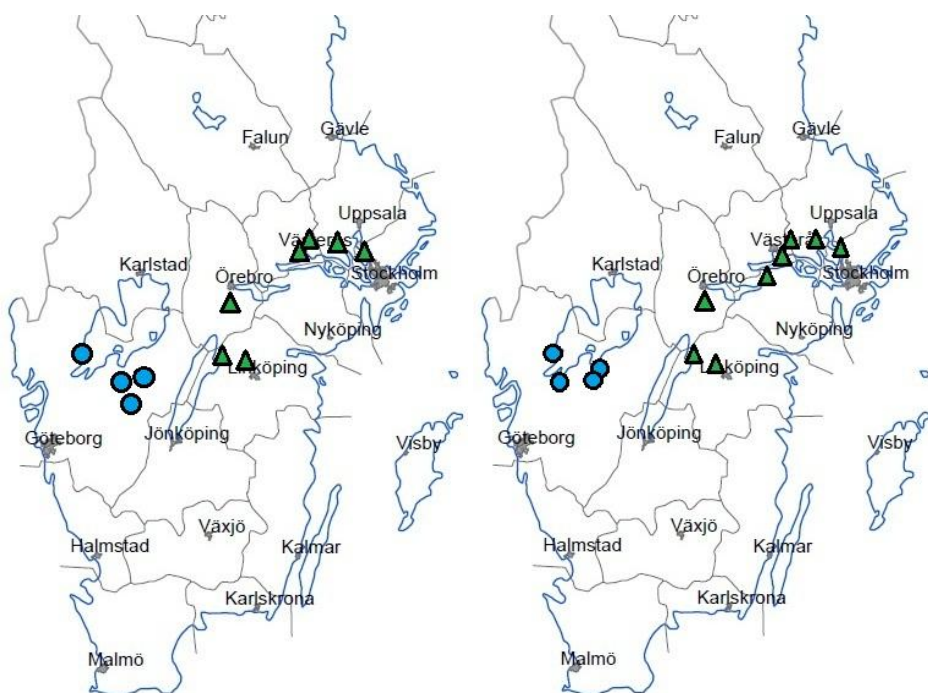
Utöver regressionsanalysen har även RPD-värden (Residual prediction deviation) och RMSE-värden (Root mean square error) räknats ut. RMSE är ett mått på hur mycket mätvärdena avviker från den ideella 1:1-linjen. N-Testerns medelavvikelse bör vara mindre än standardavvikelsen för gödslingsbehovet för att den ska ha förbättrat prognosen i jämförelse med att man skulle ha gissat att behovet är detsamma som medelbehovet för alla försök det aktuella året. RPD-värdet anger detta och räknas fram genom att man dividerar standardavvikelsen av N-behovet det aktuella året med RMSE.

Försöken har placerats i jämna höstvetefält med vattenhållande fastmarksjordar (figur 7 & 8). Uppdelningen mellan djurgårdar respektive kreaturslös drift har varit jämn. Höstgödsling med N eller stallgödsel har inte förekommit medan övriga växtnäringsämnen har tillförts i erforderliga mängder. Försöken har behandlats med pesticider (herbicider, fungicider, insekticider). Skörd har skett rutvis varpå vattenhalt, avrens, rymdvikt och tusenkornsvikt har analyserats. Protein-, stärkelse- och ergosterolhalt har också bestämts och då genom NIT-analys (Near Infrared Transmittance). Förfrukt har varit stråsäd, dock ej vete, råg eller rågvete. År 2008-2009 var även våroljeväxter godkänd som förfrukt.

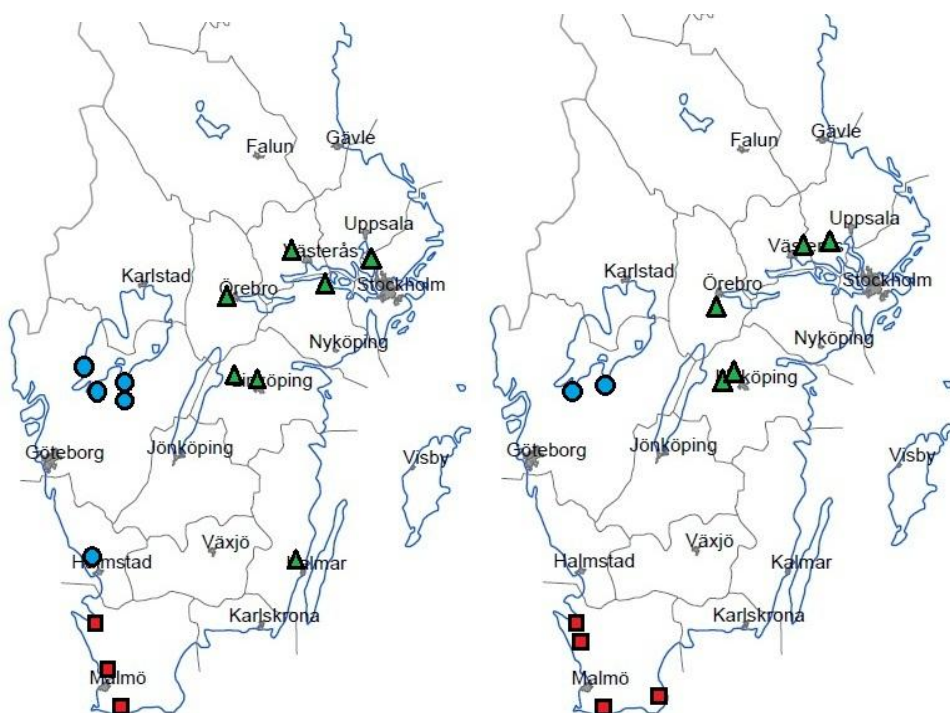
Hur väl N-Testern presterar på olika jordar, med avseende på mineraliseringspotential, har också undersökts. Här har alla 49 försök från de fyra åren, 2008-2011, använts istället för att göra årsvisa jämförelser. De olika försöken har, baserat på N-skörd (kg/ha) i ogödslat led, delats in i 6 st. olika mineraliseringsklasser (tabell 5).

Tabell 5. Antal försök i de olika mineraliseringsklasserna. Totalt 49 st försök och 435 st observationer.

	Markleverans av N i ogödslat led					
kg/ha	20-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71≤
Antal försök	9	8	9	11	5	7
Antal observationer	79	74	75	98	46	63



Figur 7. Försökens geografiska läge år 2008 (t.v) och 2009 (t.h). Blåa cirklar = försök från västra Götaland och Svealand, gröna trianglar = försök från östra Götaland och Svealand, röda boxar = försök från Skåne (inga skånska försök 2008 och 2009).



Figur 8. Försökens geografiska läge år 2010 (t.v) och 2011 (t.h). Blåa cirklar = försök från västra Götaland och Svealand, gröna trianglar = försök från östra Götaland och Svealand, röda boxar = försök från Skåne.

Resultat

Intervjuresultat – Lantbrukare

Av de 33 lantbrukare som besvarade enkäten är det förhållandevis många som utnyttjar N-Testern vid kalibrering av N-sensorn (figur 9). Vid en sammanslagning av de som svarat *Ja* och *Ibland* uppgår siffran till 85 %. Enbart 15 % använder sig aldrig av N-Testern. I kommentarsfältet uppgav några av de som svarat *Ja* eller *Ibland* att de oftast kombinerar N-Testermätningar med nitratstickor. Man anser att nitratstickor fungerar bättre i höstvet och att de är mer tillförlitliga vid torr väderlek med lite nederbörd.

1.1 Använder du dig av N-testern för att kalibrera N-sensorn?			
Antal svar: 33			
Ja	15	45.5 %	<div></div>
Nej	5	15.2 %	<div></div>
Ibland	13	39.4 %	<div></div>

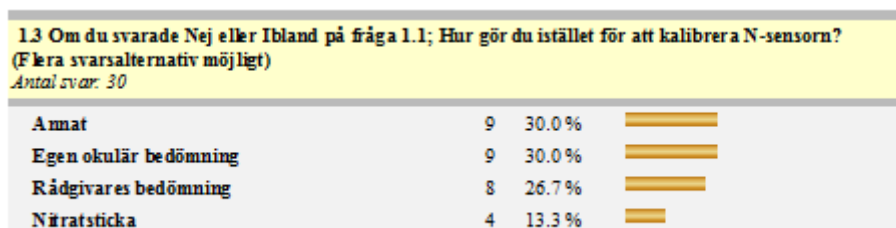
Figur 9.

Den vanligaste anledningen till att man inte utnyttjar N-Testern vid kalibrering av N-sensorn är att man använder sig av en annan metod för att bedöma N-behovet (figur 10). Användarvänligheten tycks inte vara ett stort problem då endast en person svarade att den är bevärlig att använda. (På fråga 1.2 är det möjligt att ange flera svarsalternativ vilket bör beaktas då man tolkar resultatet.)

1.2 Om du svarade Nej på fråga 1.1; Varför använder du inte N-testern?			
(Flera svarsalternativ möjligt)			
Antal svar: 9			
Annat	2	22.2 %	<div></div>
Den är besvärlig att använda	1	11.1 %	<div></div>
Jag litar inte på den	2	22.2 %	<div></div>
Jag använder mig av annan metod	4	44.4 %	<div></div>

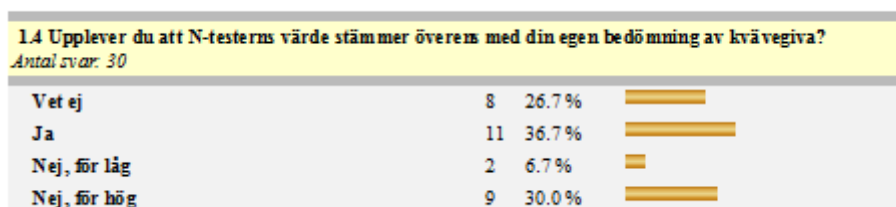
Figur 10.

Den vanligaste metoden för att uppskatta grödans behov av N bland de som inte eller ibland använder N-Testern är en okulär bedömning av beståndet (figur 11). Rådgivarnas roll är också viktig medan nitratstickorna används i mindre omfattning. Av de som svarat *Annat* anges exempelvis erfarenhet, absolut giva, provkörning med N-sensorn och beräkning utifrån förväntad skörd och N-behov. (På fråga 1.3 är det möjligt att ange flera svarsalternativ vilket bör beaktas då man tolkar resultatet.)



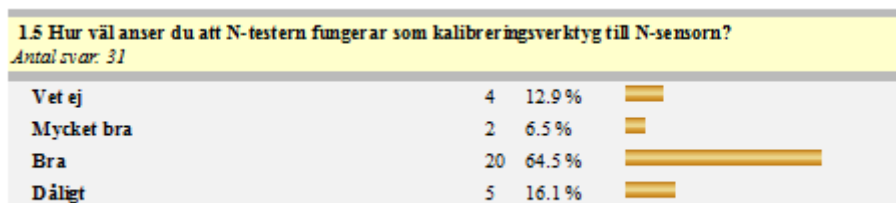
Figur 11.

37 % anser att N-Testerns rekommendation stämmer överens med deras egen bedömning av N-behov och N-giva (figur 12). Av de som svarat *Nej* upplever de flesta att N-Testerns rekommendation är för hög. Av alla *Nej*-svar utgör detta över 80 % (9/11). Återkommande i kommentarsfältet var att man ansåg att den rekommenderade givan varierade mellan att både vara för hög och för låg beroende på år och väderlek.



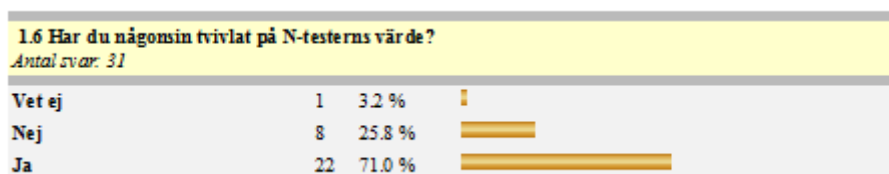
Figur 12.

De flesta anser att N-Testern fungerar bra som kalibreringsverktyg till N-sensorn (figur 13). En sammanslagning av de som svarat *Bra* och *Mycket bra* utgör 71 %. De som kommenterat frågan har påpekat att man inte kan lita blint på rekommendationerna man får utan att man måste beakta väder och andra påverkande omständigheter.



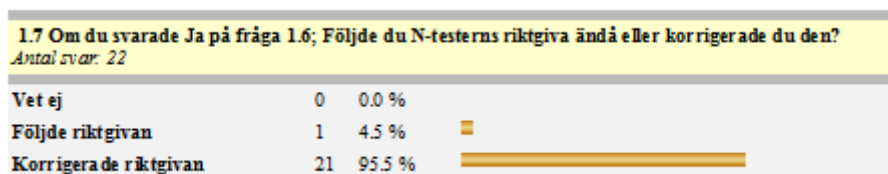
Figur 13.

Övervägande del, 71 %, av tillfrågade lantbrukare har någon gång tvivlat på N-Testerns rekommendation (figur 14). Likt fråga 1.4 har en del kommenterat att rekommendationen ofta är för hög samt att mätvärdet kan vara felaktigt pga. torka.



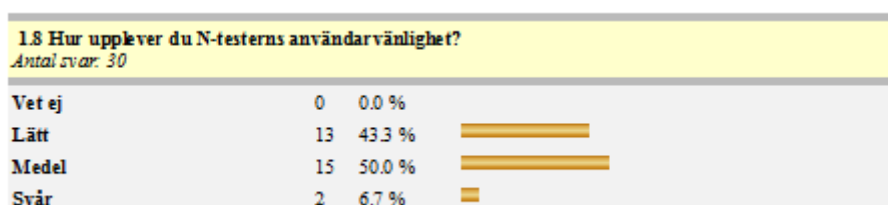
Figur 14.

Av de som tvivlat på N-Testerns rekommendation, fråga 1.6, korrigerade alla utom en riktigheten (figur 15). En lantbrukare anger i kommentarsfältet att han/hon första året följde den rekommenderade givan för att därefter konsekvent sänka den.



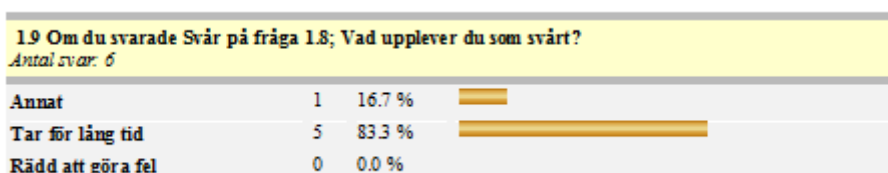
Figur 15.

N-Testerns användarvänlighet upplevs av flertalet tillfrågade lantbrukare som god. 43 % anser att den är lätt att använda och 50 % tycker den är medelsvår (figur 16). Ett par uppfattar N-Testern som svåränvänd.



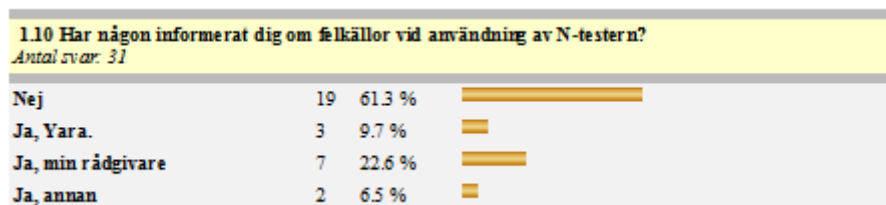
Figur 16.

Det som upplevs som svårt med att använda N-Testern är tidsåtgången (figur 17). 83 % anger detta som anledning till vad man upplever som svårt. Den person som svarade *Annat* ansåg att avläsningen mot tabeller för att få fram en rekommendation i kg N/ha var omständlig.



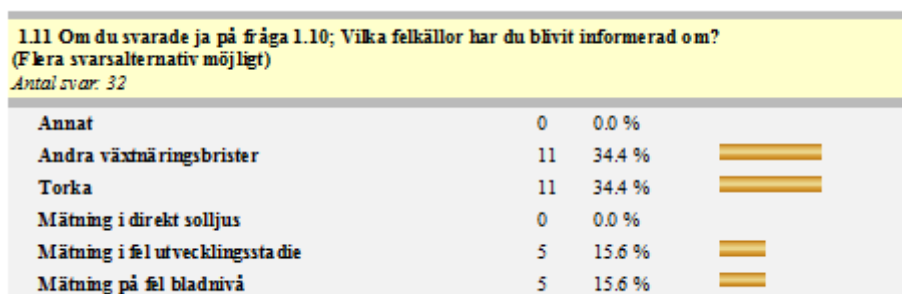
Figur 17.

61 % av de lantbrukare som besvarade enkäten har aldrig blivit informerade om de felkällor som kan påverka N-Testerns mätvärde (figur 18). Av de 39 % som svarade *Ja* på frågan har flertalet fått denna information från sina rådgivare.



Figur 18.

Av svarsalternativen i fråga 1.11 (figur 19) var det vanligast att tillfrågade blivit informerade om brist på andra växtnäringssämnen än N och torka som felkällor. De näst vanligaste felkällorna man känner till är mätning i fel utvecklingsstadium och/eller på fel bladnivå. (På fråga 1.11 är det möjligt att ange flera svarsalternativ vilket bör beaktas då man tolkar resultatet.)



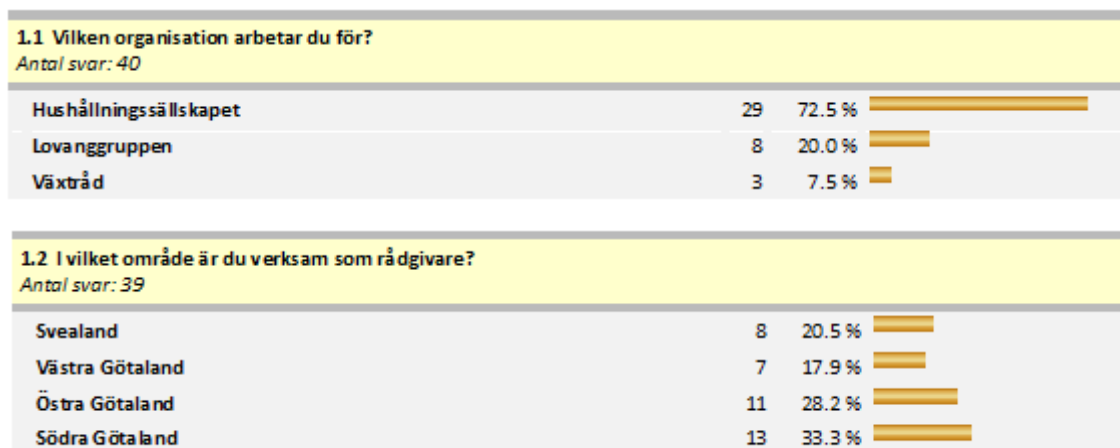
Figur 19.

På den avslutande frågan, 1.12 "Saknar du några funktioner hos N-Testern? Hur skulle man kunna förenkla och/eller förbättra N-Testern", i enkäten listas några av svaren nedan:

- Skalorna med olika priskvoter är dåligt förklarade. Många förstår dem inte, vilket kan medföra feltolkning av värdena.
- Automatisk utläsning i kg N/ha. Hoppa över avläsningen mot tabell.
- Högre tillförlitlighet.
- Att man får den att fungera bättre i korn och vete. En funktion där man matade in önskad proteinhalt och sedan läser mätaren av grödans beskaffenhet och gödslar därefter.

Intervjuresultat – Rådgivare

Totalt besvarade 41 rådgivare enkäten om N-Testern. Organisationstillhörighet samt verksamhetsområde kan ses i figur 20.



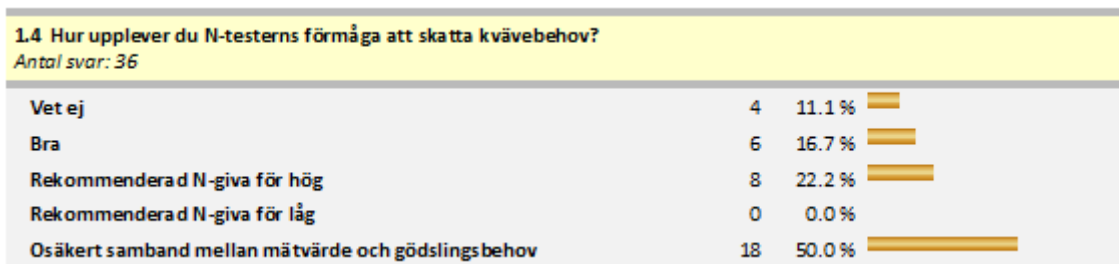
Figur 20.

Av de rådgivare som besvarat enkäten uppger drygt 40 % att de använder sig av N-Testern och nästan lika många använder den ibland (figur 21). En sammanslagning av dessa två svarsalternativ ger en användarfrekvens på 78 %. 22 % säger att de aldrig använder sig av N-Testern i sitt arbete.



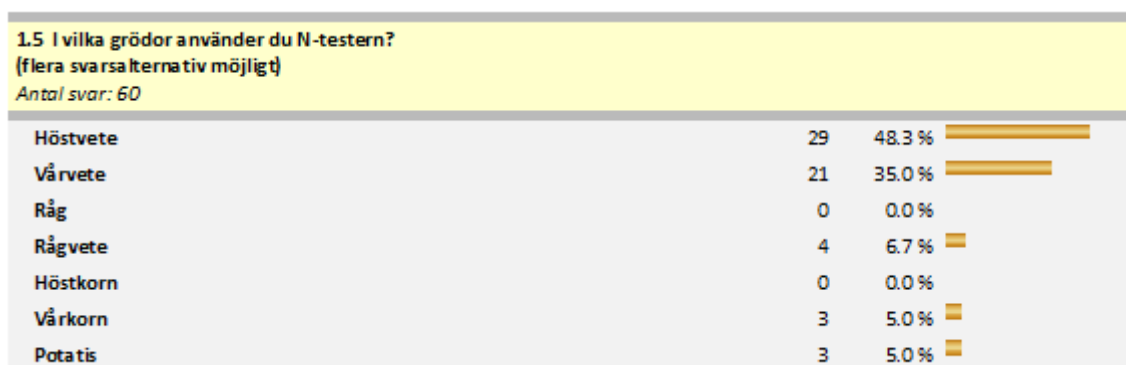
Figur 21.

Hälften av rådgivarna upplever att sambandet mellan mätvärde och N-gödslingsbehov är osäkert när det gäller N-Testerns förmåga att skatta kvävebehov (figur 22). Utöver dessa tyckte 20 % att behovet överskattades, vilket även framkom i lantbrukarnas enkät. Endast en sjättedel ansåg att N-Testerns förmåga att skatta N-gödslingsbehovet är bra. De vanligaste kommentarerna till frågan är svårigheten att bedöma hur mycket kväve som finns tillgängligt i marken vid mättillfället och mängden som kommer mineraliseras under säsongen. Andra uppger även att de som komplement till N-Testern använder sig av nitratstickor och nollrutor.



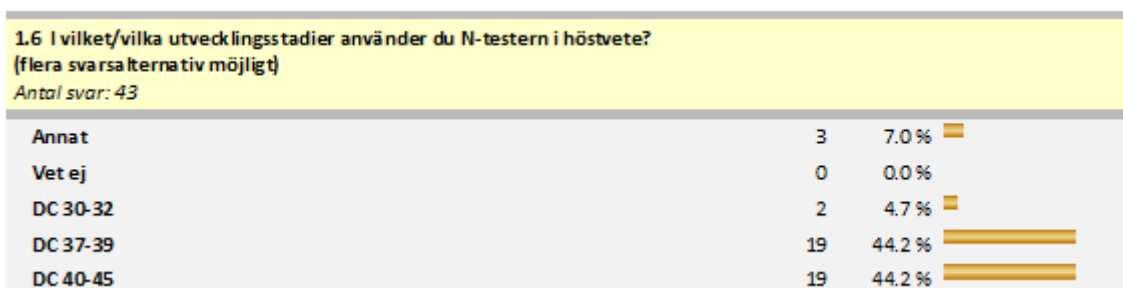
Figur 22.

Den absolut vanligaste grödan som tillfrågade rådgivare använder N-Testern i är vete (figur 23). Vanligast är att man utnyttjar mätaren i höstsorter av vete. Ett fåtal använder sig av N-Testern i rågvete, vårkorn och potatis medan ingen utnyttjar den i råg och höstkorn. (På fråga 1.5 är det möjligt att ange flera svarsalternativ vilket bör beaktas då man tolkar resultatet.)



Figur 23.

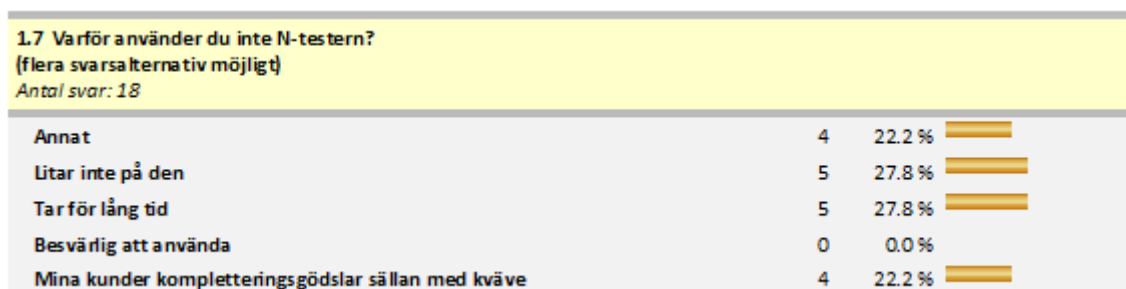
Mätning med N-Testern i höstvete sker oftast i de utvecklingsstadier som det finns gödslingsrekommendationer för i Sverige, DC 37-45 (figur 24). Få har angett att de använder sig av den tidigare eller vid annat tillfälle. (På fråga 1.6 är det möjligt att ange flera svarsalternativ vilket bör beaktas då man tolkar resultatet.)



Figur 24.

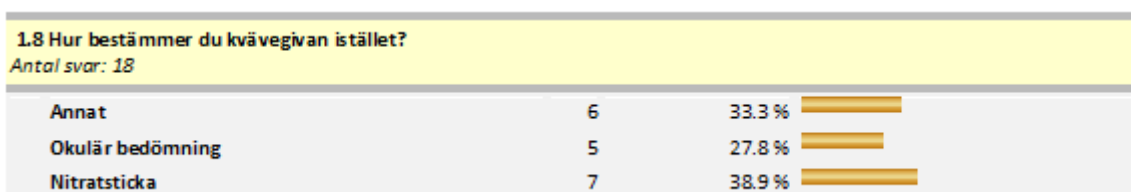
Anledningar till att man inte använder N-Testern är jämt fördelade mellan flera alternativ och det går inte dra några klara slutsatser förutom att ingen angett att den är besvärlig att använda (figur 25). Flera har uppgett att de inte litar på den vilket stämmer överens med svaren på fråga 1.4 där flera tvivlade på sambandet mellan mätvärde och N-gödslingsbehov.

Lika många anser att det tar för lång tid att utföra mätningen i fält. Av de som svarat *Annat* är okunskap/osäkerhet om N-Testern ett relativt vanligt skäl. (På fråga 1.7 är det möjligt att ange flera svarsalternativ vilket bör beaktas då man tolkar resultatet.)



Figur 25.

Det vanligaste sättet att bedöma N-behovet då man inte använder N-Testern är med nitratstickor (figur 26). Bland de som svarat *Annat* anges metoder som förväntad avkastning, tidigare års gödsling och proteinhalter samt nollrutor. Av de som kommenterat frågan har några poängterat värdet av erfarenheter från tidigare år och det aktuella vädret för att bedöma N-behov.



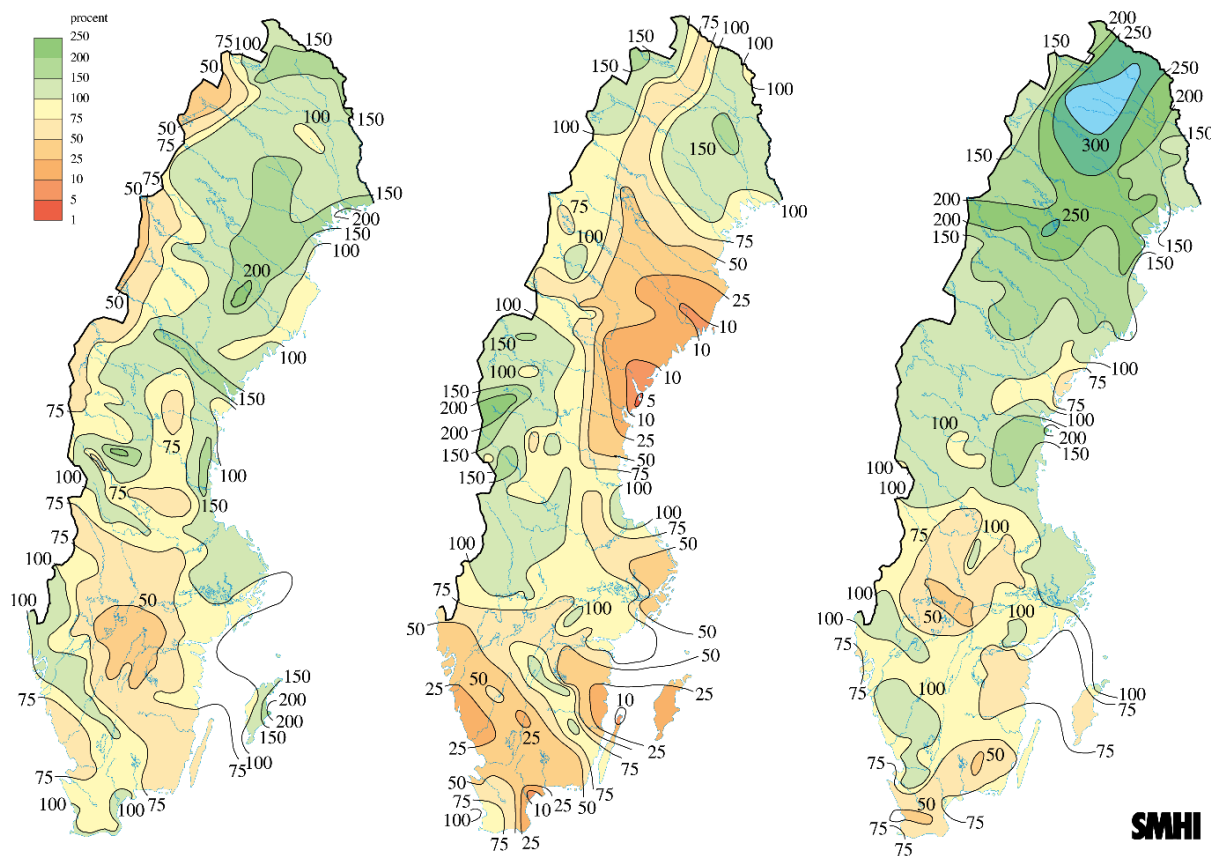
Figur 26.

På den avslutande frågan, 1.9 "Vilka styrkor respektive svagheter anser du att N-Testern har?", i enkäten listas några av svaren nedan:

- Styrka – direkt svar. Svaghet – osäkerheten i värdet torra år.
- Den är bra som ett av flera underlag till att ta beslut om kompletteringsgödsling men räcker inte fullt ut då den bara visar vad grödan har tagit upp och inte säger något om skördepotential eller väderförutsättningar.
- Jag känner mig osäker på hur väl den fungerar samt hur exakt sortjusteringar fungerar och skulle vilja ha mer bakgrundsfakta om det för att känna mig trygg med att använda den.
- Lätt och rationell att använda vilket innebär att resultatet kan diskuteras med lantbrukaren i fält.
- Styrkan är att den ger ett kvantitativ värde på färgskillnader.
- Största styrka: Lätt att använda. Största svaghet: Ger inget/litet utrymme för egna tolkningar vid konstiga mätvärden.
- Bra diskussionsunderlag men man måste ta stor hänsyn till alla faktorer.

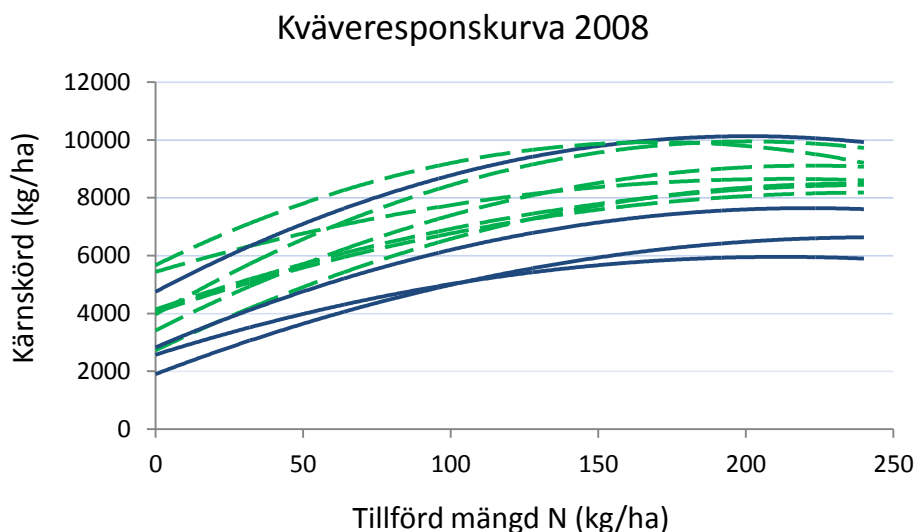
2008

Väderåret 2008 var inledningsvis varmt. I slutet av mars slog dock kylan till och under perioden 23-27 mars rapporterades årets lägsta temperaturer på de flesta platser. I april återkom värmen och maj månad inleddes med höga temperaturer, på sina håll högsommarvärme. Ett bakslag med kall Ishavsluft drog därefter ner över landet och delar av Svealand blev på nytt snötäckta. Värmen återkom i slutet av maj och det var mycket torrt i stora delar av landet (figur 27). Det varma, torra vädret blev inte långvarigt och större delen av juni och juli bjöd på ostadigt och svalt väder. En kraftig värmebölja avslutade juli månad. Värmen kom dock av sig i början på augusti på grund av ett intensivt lågtryck med stormbyar över landet och på sina håll mycket kraftiga regn (Hellström, 2008).



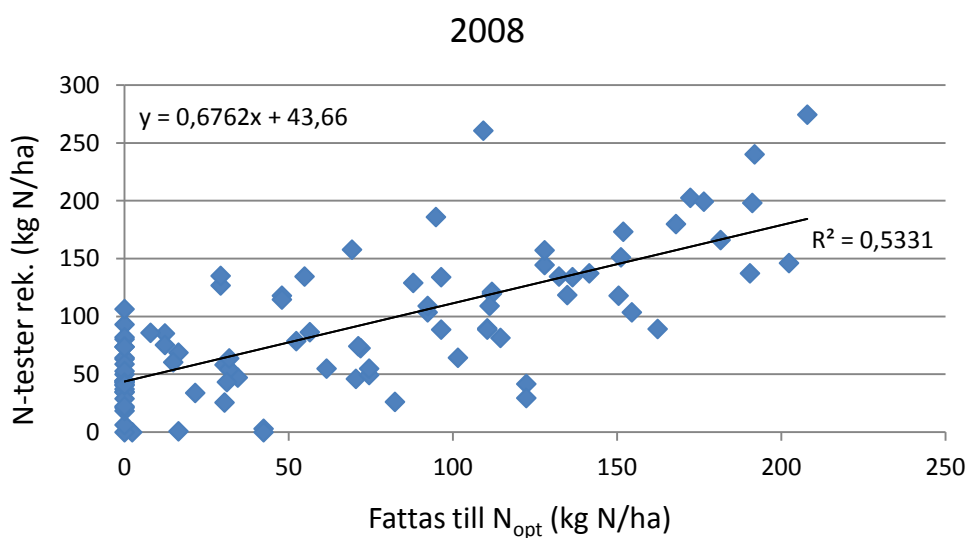
Figur 27. Månadsnederbörd i procent av det normala för månaderna f.v april, maj och juni 2008. Den normala nederbörden avser medelvärde för åren 1961-1990 (SMHI, 2008).

I figur 28 nedan kan ses hur väl höstvetet svarat på olika mängder tillförd N (kg/ha) i en kväveresponskurva. Grundskörden (avkastning i ogödslade led) i de 11 olika försöken varierar mellan 1780 kg/ha till 5610 kg/ha. Maxavkastningarna på de olika platserna ligger inom ett spann från 6240 kg/ha till 10 150 kg/ha. Intervallet för N_{opt} är 109 kg N/ha till 208 kg N/ha.



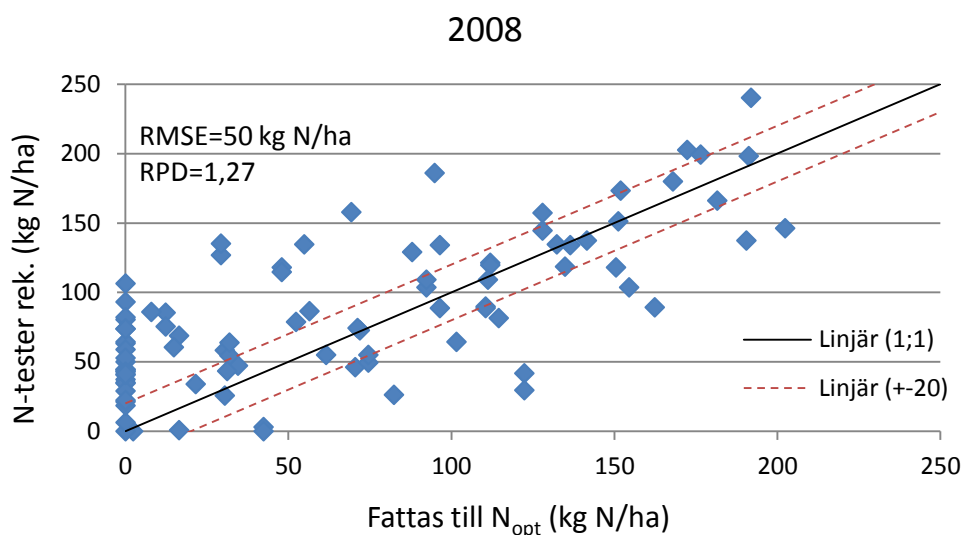
Figur 28. Kväveresponskurvor för 2008 baserade på 11 försök ur försöksserien M3-2278. Heldragna blå linjer = försök från västra Götaland och Svealand, gröna streckade linjer = försök från östra Götaland och Svealand, röda punkt-streckade linjer = försök från Skåne (inga skånska försök 2008).

Regressionsanalysen (figur 29) illustrerar hur väl N-Testerns rekommendation korrelerat till det faktiska behovet för år 2008. Det faktiska behovet är den mängd N som återstår tills N_{opt} uppnås. Sambandet mellan predikterat och faktiskt behov ger ett $r^2=0,53$. Spridningen är relativt stor och några riktigt klara samband är svåra att se. Den stora samling av punkter på y-axeln vid x-axelns 0-värde utgörs av de observationer där N_{opt} redan är uppnått eller överskridits men N-Testern trots detta rekommenderat ytterligare N. I 70 % av observationerna har N-Testerns rekommendation varit över N_{opt} .



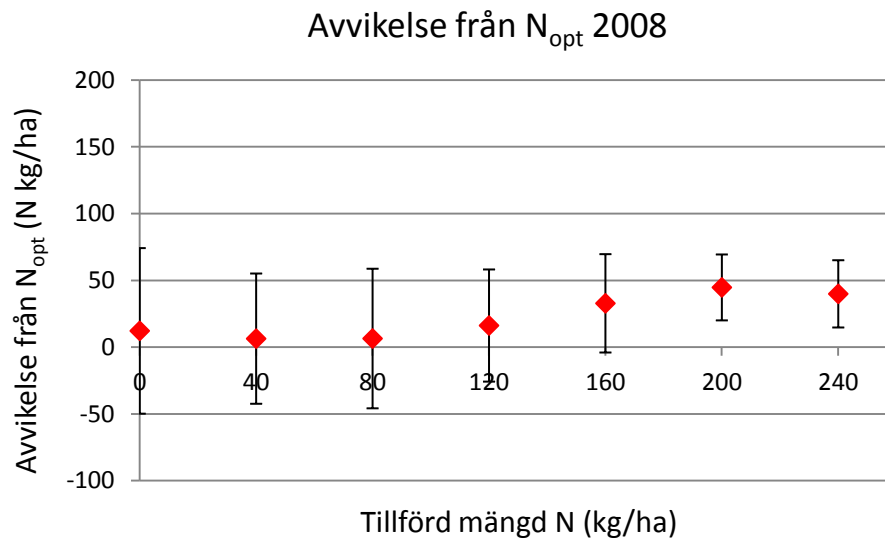
Figur 29. Regressionsanalys för 2008 som åskådliggör korrelationen mellan faktiskt behov (x-axel) och predikterat (y-axel). Det faktiska behovet är den mängd N (kg/ha) som fattas för att uppnå N_{opt} och det predikterade är det N-Testern rekommenderat. Totalt 93 st. observationer.

I figur 30 belyses hur pass väl N-Testern presterat vid en godtyckligt satt felmarginal på ± 20 kg N/ha från N_{opt} . Endast 30 % av observationerna placerar sig inom detta intervall medan 53 % är över $+20$ kg N/ha och 17 % är lägre än -20 kg N/ha från N_{opt} . Trots den till synes låga procentandel som placerar sig inom intervallet ± 20 kg N/ha erhålls ett RPD-värde på 1,27. N-Testerns rekommendationer är därmed bättre än det genomsnittliga behovet för alla försök år 2008.



Figur 30. Grafen ovan påvisar hur pass väl N-Testern presterar med en felmarginal på ± 20 kg N/ha från N_{opt} . Den heldragna svarta linjen representerar det perfekta sambandet med en lutningskoefficient på 1,0 medan de streckade röda linjerna avviker ± 20 . Totalt 93 st. observationer.

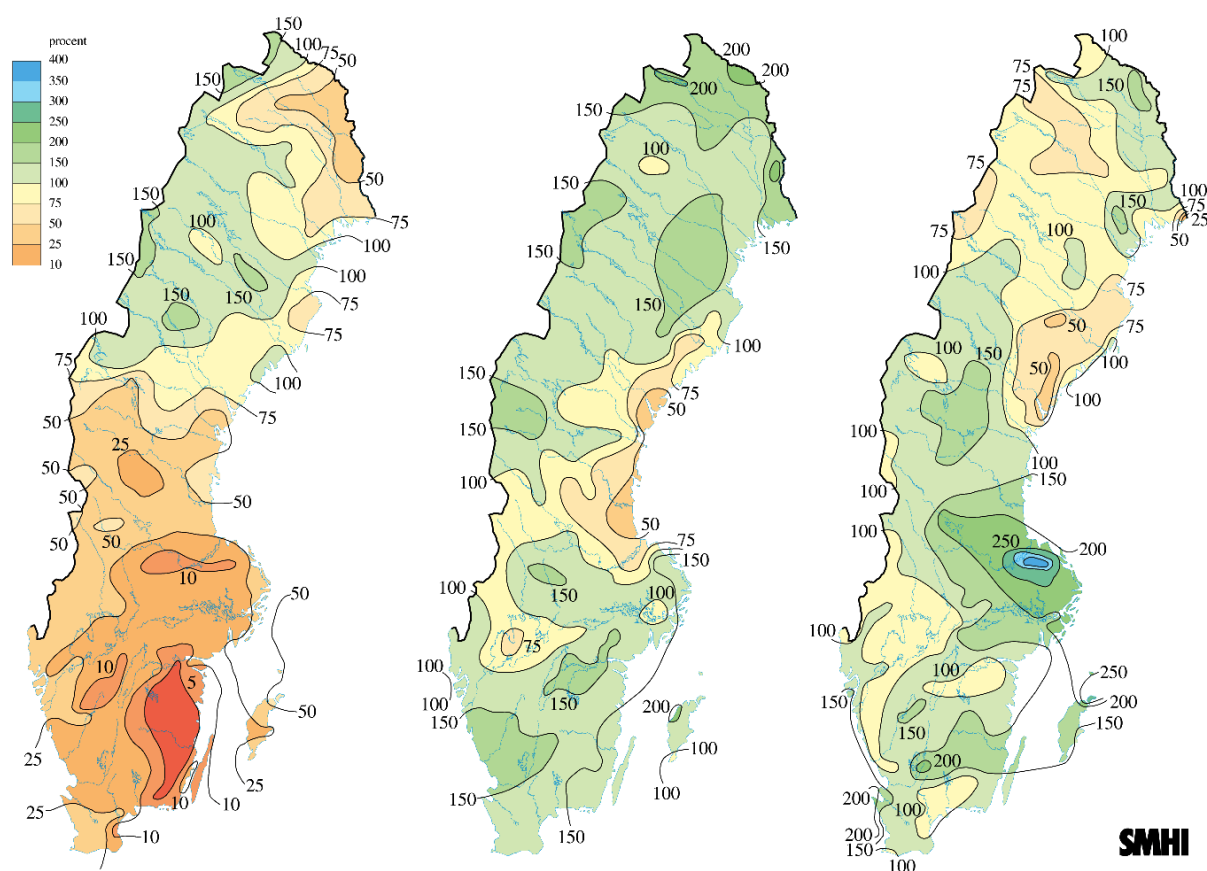
I figur 31 åskådliggörs hur N-Testerns rekommendation presterat beroende på grundgivans storlek. Medelavvikelsen uppvisar ett s-format mönster med lägre avvikelse från N_{opt} för de lägre givorna och det omvända för de högre givorna. Standardavvikelsen däremot är som störst i de ogödslade leden ($s=62$), därefter avtar denna och blir som lägst ($s=25$) i de två sista gödslingsleden, 200- respektive 240 kg N/ha. Observationernas spridning är därmed som störst vid de lägsta givorna för att sedan stabiliseras med mindre intervall med stigande N-giva.



Figur 31. N-Testernas avvikelse från N_{opt} i de olika gödslingsleden i försöksserien M3-2278. De röda markeringarna anger medelavvikelsen och staplarna standardavvikelsen.

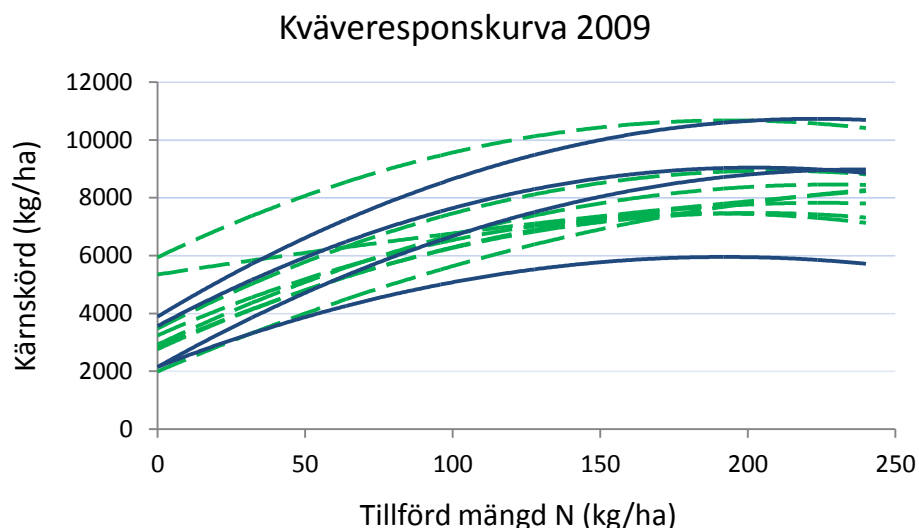
2009

Året 2009 inleddes med mycket kallt väder i hela landet. En bit in i januari avtog dock kylan för att i södra Sverige aldrig komma tillbaka. Norra delarna av landet fick däremot riktigt kallt under februari och 2009 var på vissa platser det kallaste på 15 år. Våren var på de flesta platser varm, speciellt april där många värmerekord noterades. I södra Sverige var april-juni dessutom den period med flest soltimmar. Även maj månad var varm med temperaturer över det normala i hela landet. I inledningen av juni månad avtog värmen och på sina håll var det den kallaste juniperioden på över 50 år. Årets högsta temperaturer noterades på de flesta platser i landet under perioden 26 juni – 4 juli. Juli månad var mycket molnig i hela landet och från Vänerområdet till mellersta Norrland föll kraftiga regn (Hellström, 2009).



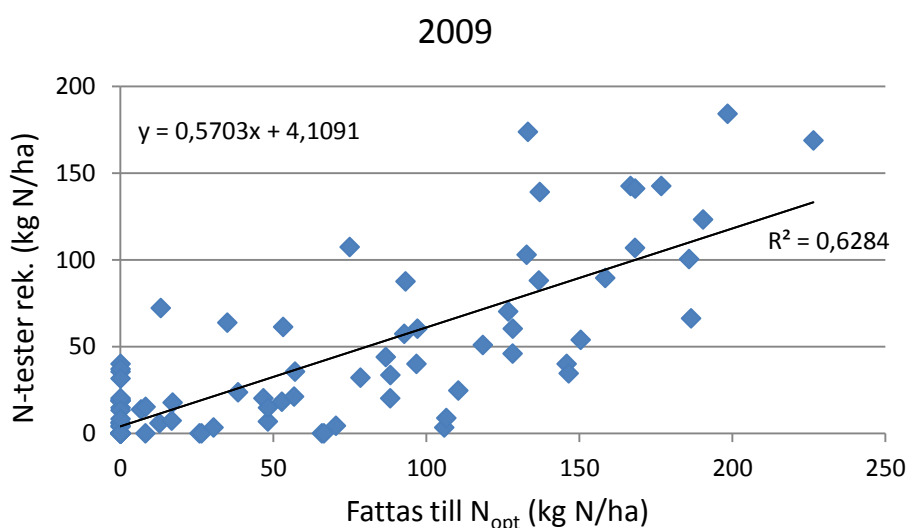
Figur 32. Månadsnederbörd i procent av det normala för månaderna f.v april, maj och juni 2009. Den normala nederbörden avser medelvärdet för åren 1961-1990 (SMHI, 2009).

Kväveresponskurvan för 2009 (figur 33) är snarlik den för föregående år. Grundskördarna i de 12 olika försöken ligger inom intervallet 2000 kg/ha – 5700 kg/ha. De högsta avkastningsnivåerna för de enskilda försöken sträcker sig från 5840 kg/ha till 10 730 kg/ha. Intervallet för N_{opt} är 75 kg N/ha till 226 kg N/ha.



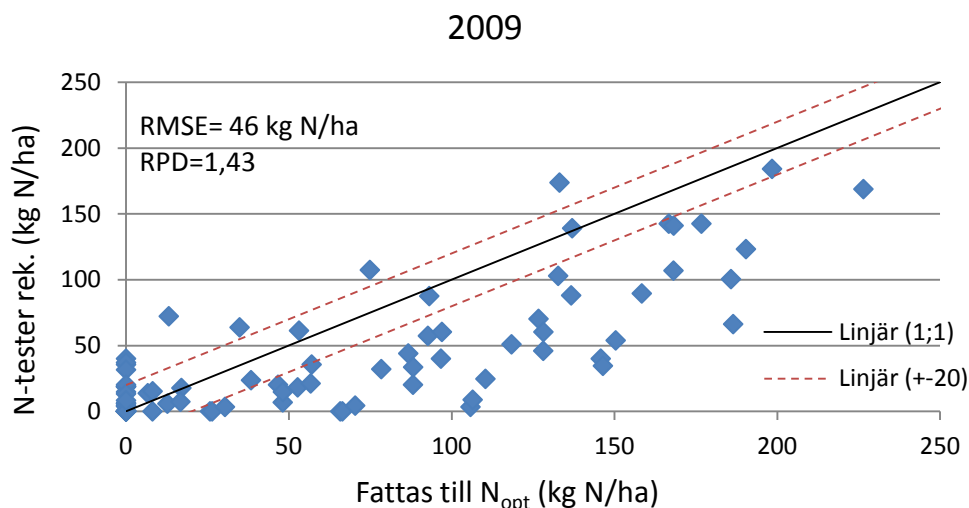
Figur 33. Kväveresponskurva för 2009 baserad på 12 st försök ur försöksserien M3-2278. Heldragna blå linjer = försök från västra Götaland och Svealand, gröna streckade linjer = försök från östra Götaland och Svealand, röda punkt-streckade linjer = försök från Skåne (inga skånska försök 2009).

Regressionsanalysen för 2009 (figur 34) uppvisar ett bättre samband mellan predikterat och faktiskt N-behov än år 2008. Trots det bättre sambandet, $R^2=0,63$, än föregående år förblir spridningen relativt stor med ett antal avvikande observationer. En stor skillnad mot 2008 är att det för 2009 var vanligare att N-Testern rekommenderade för låga givor. Enbart 30 % av observationerna innebar att N-Testerns giva blev högre än N_{opt} .



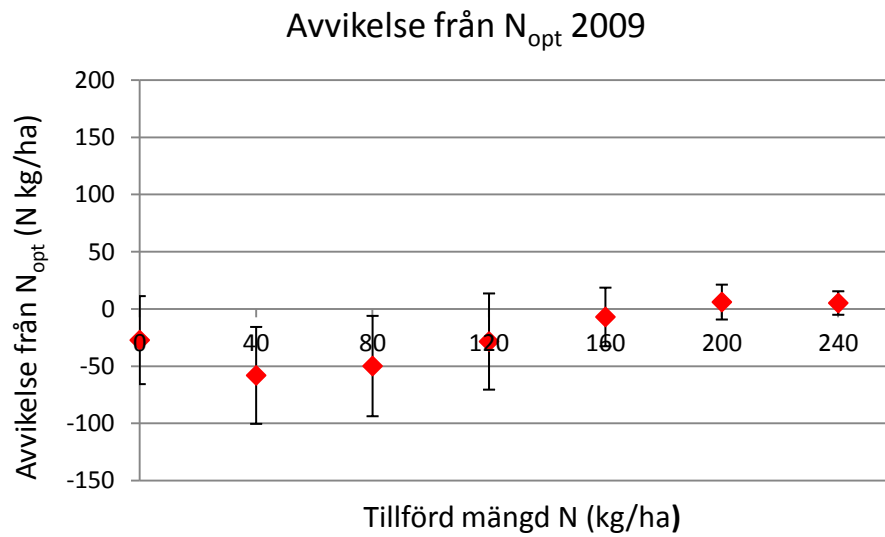
Figur 34. Regressionsanalys för 2009 som åskådliggör korrelationen mellan faktiskt behov (x-axel) och predikterat (y-axel). Det faktiska behovet är den mängd N (kg/ha) som fattas för att uppnå N_{opt} och det predikterade är det N-Testern rekommenderat. Totalt 84 st. observationer.

Den godtyckligt satta felmarginalen på ± 20 kg N/ha uppvisar bättre resultat för år 2009 än för år 2008 (figur 35). 42 % av observationerna hamnar inom de röda streckade linjerna och som förväntat förbättrades även RPD-värdet, 1,43. Betraktar man enbart grafen är detta svårt att se vilket beror på att flera punkter är samlade i nedre vänstra hörnet. Enbart i 11 % av fallen gavs rekommendationer som översteg N_{opt} med 20 kg N/ha eller mer medan 47 % avvek mer än -20 kg N/ha från N_{opt} .



Figur 35. Grafen ovan påvisar hur pass väl N-Testern presterar med en felmarginal på ± 20 kg N/ha från N_{opt} . Den heldragna svarta linjen representerar det perfekta sambandet med en lutningskoefficient på 1,0 medan de streckade röda linjerna avviker ± 20 . Totalt 84 st. observationer.

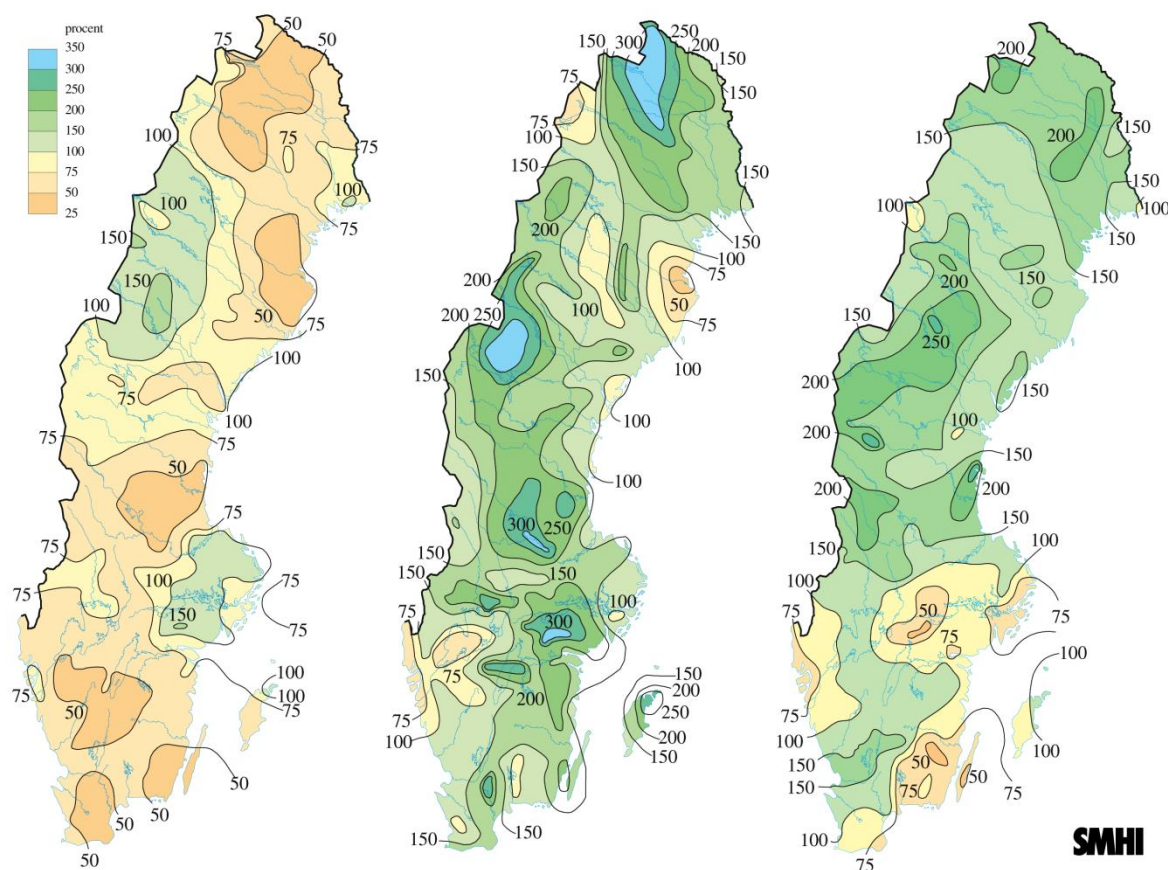
I figur 36 belyses hur N-Testerns rekommendationer avviker från N_{opt} i de olika gödslingsleden. Likt år 2008 antar medelavvikelsen för år 2009 ett s-format mönster. Den stora skillnaden är dock att medelavvikelsen är som störst för de lägre givorna, framförallt 40 och 80 kg N/ha, samt att dessa nu antagit negativa värden. S-formationen har blivit förskjuten nedåt pga. överlag för låga rekommendationer. Standardavvikelsen uppvisar däremot ett liknande mönster med störst avvikelser för de lägre givorna och det motsatta för de högre givorna. Störst standardavvikelse ($s=44$) återfinns i gödslingsledet 80 kg N/ha och lägst ($s=10$) i ledet för 240 kg N/ha.



Figur 36. N-Testernas avvikelse från N_{opt} i de olika gödslingsleden i försöksserien M3-2278. De röda markeringarna anger medelavvikelsen och staplarna standardavvikelsen.

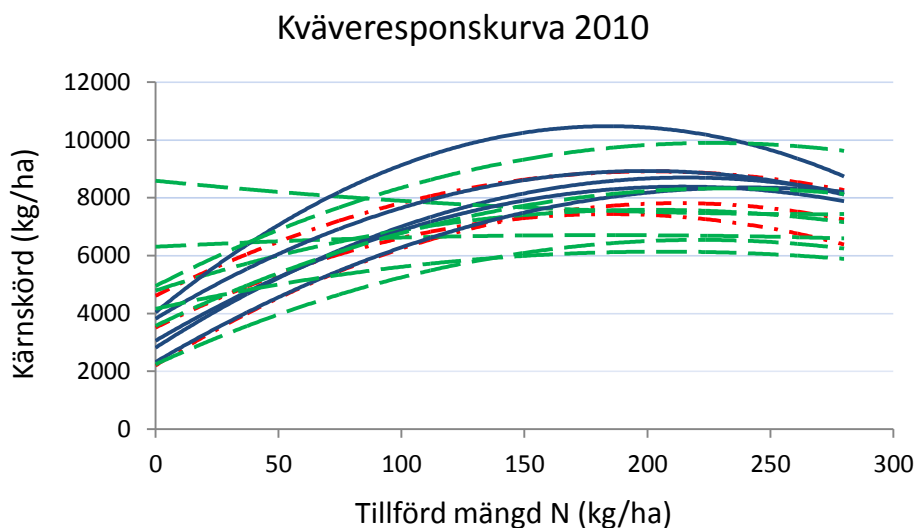
2010

Väderåret 2010 uppvisade stora temperaturkontraster med kalla vintermånader och en kraftig värmebölja i mitten av sommaren. På grund av de kalla vintermånaderna placerar sig 2010 bland de tio kallaste de senaste hundra åren. Året var också blötare än normalt och nederbördsmängderna var större än normalt på de flesta platser. Sommarvädret varierade och i början av juli slog en kraftig värmebölja till vilken gav flera nya värmerekord (Hellström, 2010).



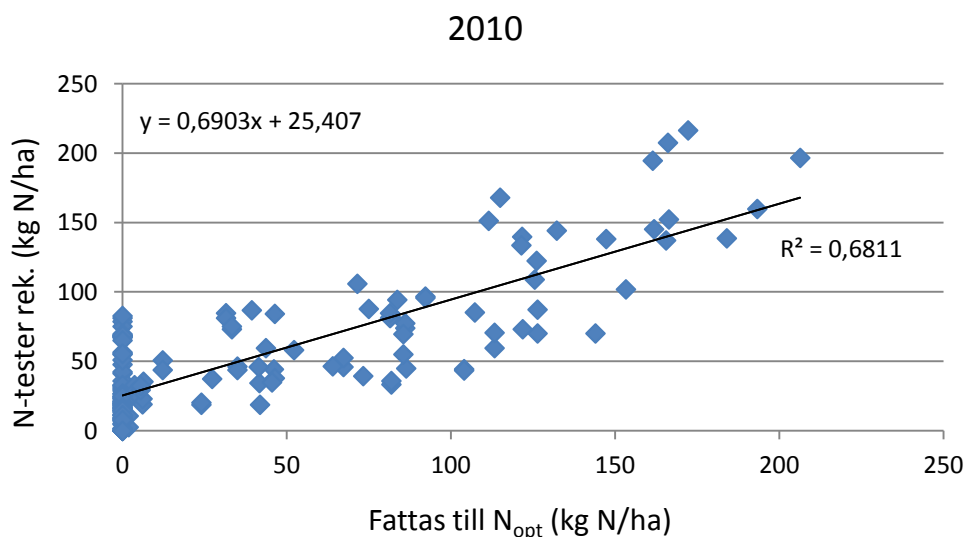
Figur 37. Månadsnederbörd i procent av det normala för månaderna f.v april, maj och juni 2010. Den normala nederbörden avser medelvärdet för åren 1961-1990 (SMHI, 2010).

Höstvetets kväverespons för 2010 (figur 38) skiljer sig något från 2008 och 2009. Detta gäller främst de två försök där grundskördarna var störst. Kurvorna är för dessa försök nästan helt flacka, och t.o.m. avtagande med stigande N-giva i försöket med högst grundskörd. Dessa avvikande försök låg på mullrika jordar med 7 % respektive 11 % mullhalt. Tittar man på alla 15 försöken ligger grundskördarna inom ett intervall på 1940 kg/ha – 8540 kg/ha. De högsta kärnskördarna i försöken har inte lika stor spridning som grundskördarna och varierar mellan 6080 kg/ha och 10 370 kg/ha. N_{opt} sträcker sig från 0 kg N/ha till 206 kg N/ha. Det enskilda försöket där N_{opt} var 0 kg N/ha är detsamma som det med högst grundskörd på den mullrika jorden med 7 % mullhalt.



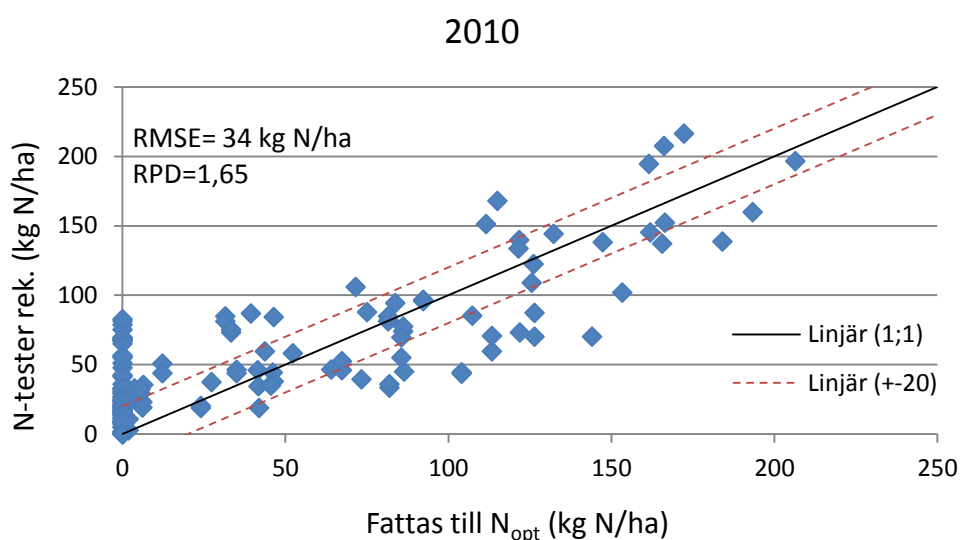
Figur 38. Kväveresponskurva för 2010 baserad på 15 st försök ur försöksserien M3-2278. Heldragna blå linjer = försök från västra Götaland och Svealand, gröna streckade linjer = försök från östra Götaland och Svealand, röda punkt-streckade linjer = försök från Skåne.

Regressionsanalysen av N-Testervärden mot gödslingsbehov för år 2010 ger ett r^2 -värde på 0,68 (figur 39). 2010 är därmed det år, av undersökta, som uppvisar bäst samband mellan predikterat och faktiskt behov. Tar man bort de två avvikande försöken förbättras sambandet och r^2 -värdet blir då 0,75. Likt år 2008 var det vanligare att N-Testern överskattade N-behovet vilket skedde i 70 % av observationerna.



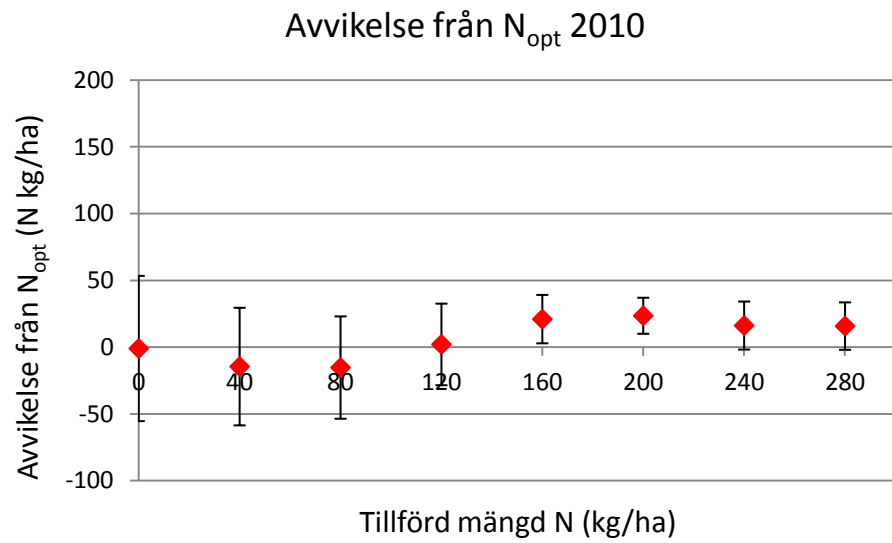
Figur 39. Regressionsanalys för 2010 som åskådliggör korrelationen mellan faktiskt behov (x-axel) och predikterat (y-axel). Det faktiska behovet är den mängd N (kg/ha) som fattas för att uppnå N_{opt} och det predikterade är det N-Testern rekommenderat. Totalt 148 st. observationer.

I figur 40 kan ses hur väl N-Testern presterat efter den godtyckligt satta felmarginalen på ± 20 kg N/ha. Både resultatmässigt och rent visuellt uppvisar år 2010 bäst resultat; spridningen är mindre och mer följsam längs 1;1-linjen i jämförelse med övriga år. RPD-värdet är 1,65 och 48 % av observationerna hamnar i fältet mellan de röda streckade linjerna vilket innebär att dessa inte avviker mer än ± 20 kg N/ha från N_{opt} . I de fall då N-Testerns rekommendation inte hamnat inom felmarginalen är det oftast en fråga om för höga N-givor. I 38,5 % av fallen överstiger rekommendationen N_{opt} med 20 kg N/ha eller mer. Vad gäller det omvända förhållandet, dvs. rekommendationer lägre än -20 kg N/ha från N_{opt} , är denna siffra enbart 13,5 %.



Figur 40. Grafen ovan påvisar hur pass väl N-Testern presterar med en felmarginal på ± 20 kg N/ha från N_{opt} . Den heldragna svarta linjen representerar det perfekta sambandet med en lutningskoefficient på 1,0 medan de streckade röda linjerna avviker ± 20 . Totalt 148 st. observationer.

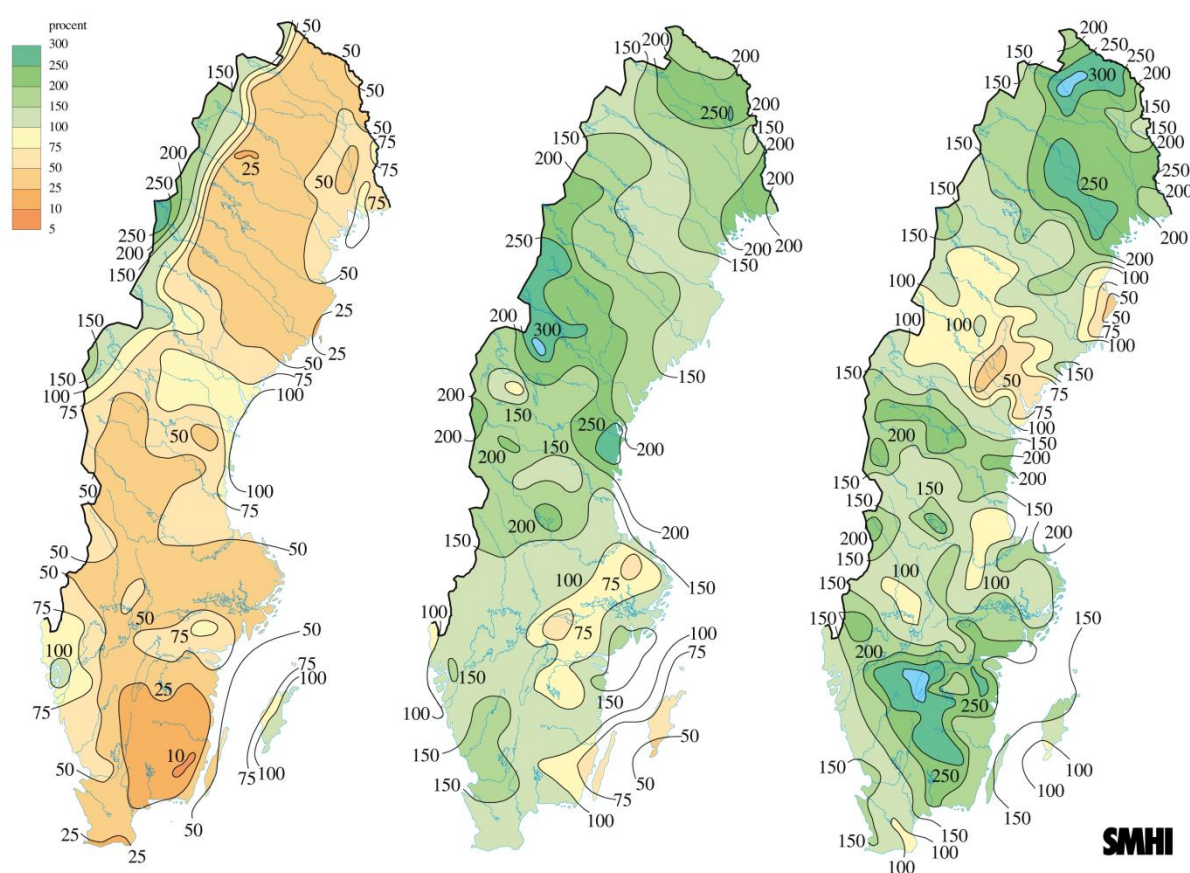
N-Testerns medelavvikelse från N_{opt} (figur 41) för de olika gödslingsleden antar, precis som föregående år, ett s-format mönster där standardavvikelsen avtar med ökad N-giva. S-formationen är dock inte lika kraftig utan mer utdragen och den största medelavvikelsen (ma) är 24 kg N/ha (led 200 kg N/ha) vilket är betydligt lägre än för år 2008 (ma = 45 kg N/ha, led 200 kg N/ha) och 2009 (ma = -58 kg N/ha, led 40 kg N/ha). Vad gäller standardavvikelsen för år 2010 är denna som störst i de ogödslade leden ($s=54$) och minst ($s=13$) i led 200 kg N/ha.



Figur 41. N-Testernas avvikelse från N_{opt} i de olika gödslingsleden i försöksserien M3-2278. De röda markeringarna anger medelavvikelsen och staplarna standardavvikelsen.

2011

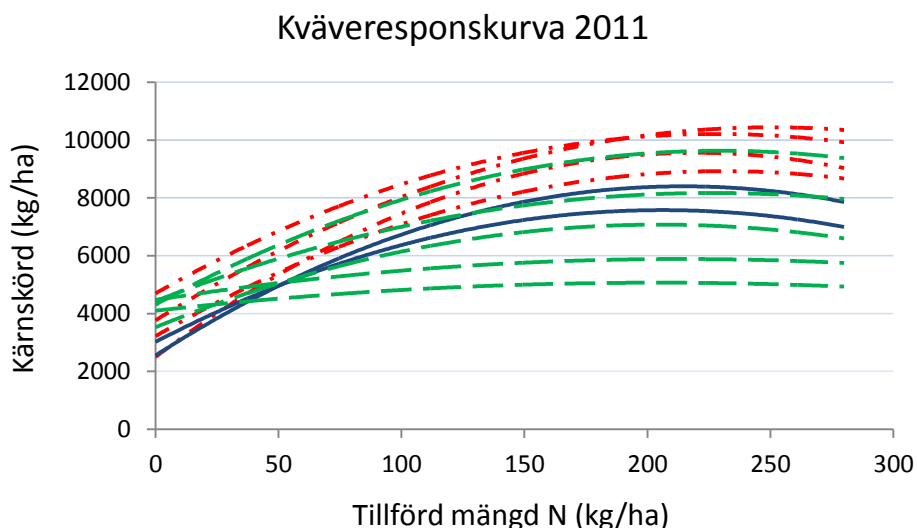
Efter en kall vinter kom en varm och torr vår. Nederbördsmängderna i södra och mellersta Sverige var knappa under mars och april och då framförallt i de östra delarna. April var dessutom en av de varmaste som noterats och medeltemperaturen var rekordhög på flera platser. Under maj månad föll dock temperaturen när kalla luftmassor drog ner över landet och i samband med detta lade sig ett tunt snötäcke i inre Götaland. Juni och juli blev varmare än normalt trots avsaknaden av längre perioder av högtrycksbetonat väder. Under juli och augusti föll mer nederbörd än normalt på de flesta platser i landet. Södra Skåne fick mer än dubbelt så mycket regn som normalt och i Falsterbo slogs det gamla rekordet från 1927 vad gäller nederbörd under sommarmånaderna (SMHI, 2012).



Figur 42. Månadsnederbörd i procent av det normala för månaderna f.v april, maj och juni 2011. Den normala nederbörden avser medelvärdet för åren 1961-1990 (SMHI, 2011).

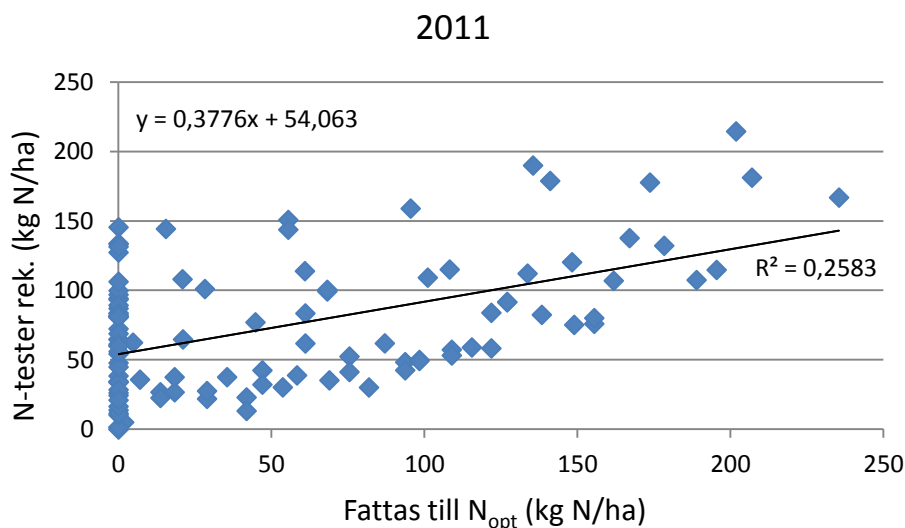
Kväveresponskurvan för 2011 har, likt 2010, två avvikande försöksplatser. Dessa försök är de två kurvorna i grafen (figur 43) som ligger lägst i fråga om avkastning. Höstvetet har på dessa lokaler inte svarat på tillförd mängd N vilket klart kan ses på de flacka, nästan horisontella kurvorna. Skillnaden mellan de ogödslade leden och de högsta skördarna är i dessa två försök 1400 kg/ha respektive 1120 kg/ha. Den bakomliggande anledningen till den dåliga responsen på N är troligtvis vattenstress då det under mars, april och maj endast kom 43 mm respektive 46 mm nederbörd totalt på dessa platser. Betraktar man alla 11 försök ligger

grundskördarna inom ett intervall på 2220 kg/ha – 4700 kg/ha och spridningen är därmed betydligt mindre än för föregående år. Vad gäller de största avkastningarna i de olika försöken varierar dessa mellan 5180 kg/ha – 10 700 kg/ha och likt grundskördarna är även detta unikt för 2011 fast i detta fall på grund av en avsevärt större spridning. N_{opt} sträcker sig från 45 kg/ha till 235 kg/ha och den lägsta noteringen på 45 kg/ha är från försöket vars kväveresponskurva ligger lägst i grafen.



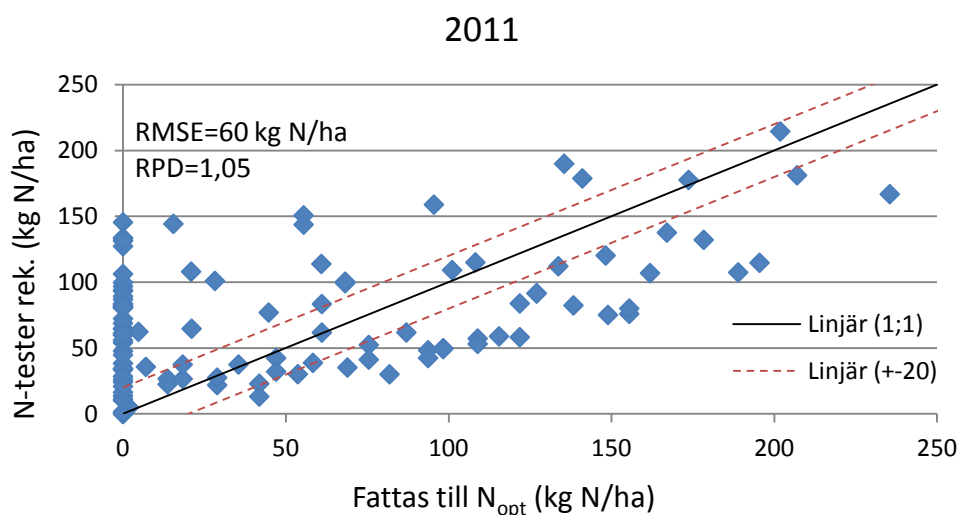
Figur 43. Kväveresponskurva för 2011 baserad på 11 st försök ur försöksserien M3-2278. Heldragna blå linjer = försök från västra Götaland och Svealand, gröna streckade linjer = försök från östra Götaland och Svealand, röda punkt-streckade linjer = försök från Skåne.

I figur 44 redovisas sambandet mellan N-Testerns rekommendation och behovet för att nå N_{opt} i en regressionsanalys. År 2011 är det år som uppvisar svagast korrelation med ett r^2 -värde på 0,26. Tar man bort de två avvikande försöken ur analysen förbättras sambandet något, $r^2=0,32$. Likt år 2008 och 2010 var överoptimala N-Tester rekommendationer vanligast och i 65 % av observationerna överskreds N_{opt} .



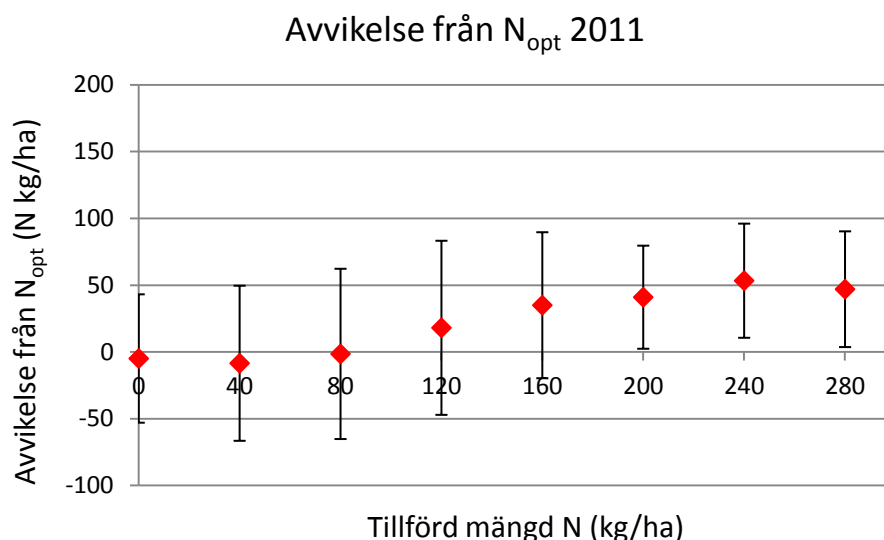
Figur 44. Regressionsanalys för 2011 som åskådliggör korrelationen mellan faktiskt behov (x-axel) och predikerat (y-axel). Det faktiska behovet är den mängd N (kg/ha) som fattas för att uppnå N_{opt} och det predikerade är det N-Testern rekommenderat. Totalt 110 st. observationer.

Med en felmarginal på ± 20 kg N/ha från N_{opt} placerar sig 23 % av observationerna (figur 45) inom detta intervall vilket är det sämsta resultatet av jämförda år. Det svaga resultatet för år 2008 tydliggörs klart av RPD-värdet på 1,05. Skillnaden mellan att gödsla enligt medelbehovet av alla försök eller enligt N-Testerns rekommendationer är därmed inte stor. I 28 % av fallen avvek rekommendationerna mer än -20 kg N/ha medan hela 49 % översteg $+20$ kg N/ha från N_{opt} . Resultaten liknar de för år 2008 vilket också var ett år med försommartorka och för höga N-Tester rekommendationer.



Figur 45. Grafen ovan påvisar hur pass väl N-Testern presterar med en felmarginal på ± 20 kg N/ha från N_{opt} . Den heldragna svarta linjen representerar det perfekta sambandet med en lutningskoefficient på 1,0 medan de streckade röda linjerna avviker ± 20 . Totalt 110 st. observationer.

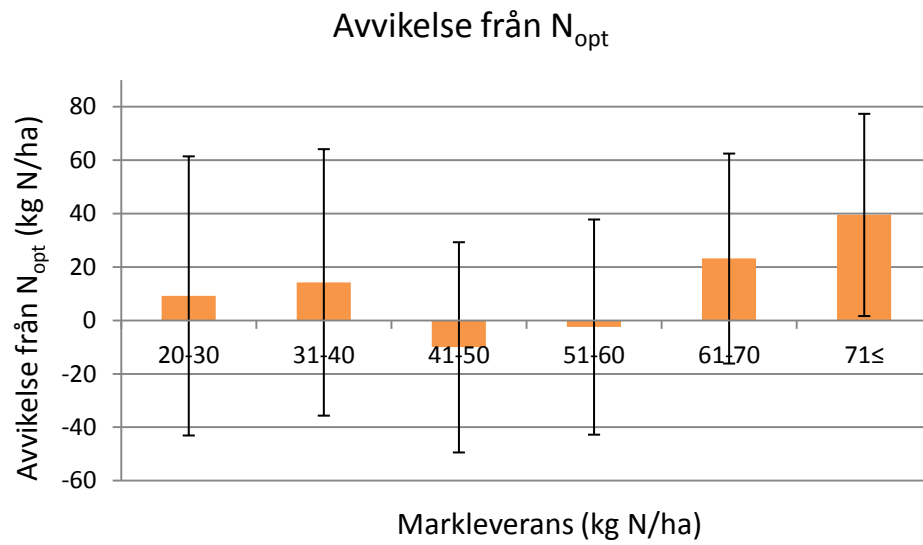
Precis som för de tre föregående åren antar figuren för "Avvikelse från N_{opt} " ett s-format mönster när det gäller medelavvikelsen (figur 46). Lägst medelavvikelse ($ma = -2$ kg N/ha) återfinns i ledet för 80 kg N/ha och högst ($ma = 53$ kg N/ha) i led 240 kg N/ha. Den stora skillnaden mot övriga år gäller standardavvikelsen. Föregående år har denna avtagit betydligt med stigande N-giva vilket inte är fallet för år 2011. Minst spridning finns i led 200 kg N/ha ($s=39$) och störst i led 120 kg N/ha ($s=65$).



Figur 46. N-Testerns avvikelse från N_{opt} i de olika gödslingsleden i försöksserien M3-2278. De röda markeringarna anger medelavvikelsen och staplarna standardavvikelsen.

Jordars mineraliseringspotential och N-Testern

I figur 47 nedan redovisas hur väl N-Testern presterar beroende på jordens mineraliseringspotential. På jordar med lägst markleverans av N (20-30 respektive 31-40 kg N/ha) tenderar N-Testern att överskatta N-behovet något, $ma = 9$ respektive 14 kg N/ha. På dessa lokaler är spridningen som störst, $s=52$ samt $s=50$. I de försök där markens leverans ligger inom intervallen 41-50 respektive 51-60 kg N/ha blir N-Testerns rekommendationer istället något låga med en medelavvikelse från N_{opt} på -10 samt -2 kg N/ha ($s=39$ respektive $s=40$). På de jordar vars mineraliseringspotential är som kraftigast (61-70 och $71 \leq$ kg N/ha) är medelavvikelsen från N_{opt} som störst, $ma = 23$ respektive 40 kg N/ha ($s=39$ samt $s=38$).



Figur 47. N-Testerns förmåga att skatta N-behovet hos höstveten på jordar med olika mineraliseringspotential åren 2008-2011. De orangea boxarna är medelrekommendationens avvikelse från N_{opt} och staplarna standardavvikelsen. 49 st. försök och 435 observationer.

Diskussion

2008

En möjlig anledning till att N-Testern i de flesta fall överskattat N-behovet år 2008 kan bero på den torra våren. Under april och framförallt maj kom väldigt lite nederbörd sett till normala värden för månaderna (figur 27). Andra N-givan som lades mellan 15-25 april kan under dessa torra förhållanden blivit svårtillgängligt för grödan och stannat kvar i marken. Vid mättillfället (DC 37), månadsskiftet maj/juni, kan därför N-Testern detekterat N-brist i grödan samtidigt som mycket N fanns kvar i marken. Det torra vårvädret och den troliga fastläggningen av N i marken kan dessutom bidragit till att skördepotentialen har sänkts. En sänkt skördepotential ger ett lägre N_{opt} och detta i kombination med N-brist vid mättillfället har gett för höga N-Tester rekommendationer.

2009

Det omvända förhållandet mellan 2008 och 2009, med för låga rekommendationer 2009, kan eventuellt vara ett resultat av nederbördsmönstret. Under 2008 var hela våren och försommaren torr i södra och mellersta Sverige (figur 27). 2009 var enbart april torr, och då extremt torr, medan maj och juni bjöd på mer regn än normalt (figur 32). De rikliga nederbördsmängderna kan ha gjort att både den tidiga givan (25/3 – 5/4) och den normala (15-25/4) kunnat utnyttjas av grödan. Vid mättillfället (DC 37), månadsskiftet maj-juni, har därmed de flesta observationerna visat på tillfredställande mängder N i grödan. De i 70 % av fallen för låga rekommendationerna kan vara ett resultat av ett mycket gynnsamt växtodlingsår vädermässigt. Bortsett från att april månad var väldigt torr var maj månad varm med mycket nederbörd medan juni och juli var kyligare, också de relativt regnrika. Det kallare och molnigare vädret under juni och juli kan ha gett en längre inlagringsperiod till kärnan vilket ger högre avkastning. Dessa förhållanden innebär att skördepotentialen höjts vilket N-Testern, vid mättillfället, inte beaktar och förmodligen är det därför rekommendationerna ofta blivit för låga.

2010

År 2010 är det år med starkast samband mellan predikterat och faktiskt N-behov sett till de år som undersökts, 2008-2011. Detta är troligtvis ett resultat som till stor del beror på årsmånen. Nederbördsmängderna under mars och april månad låg förvisso under det normala men samtidigt var medeltemperaturen lägre än normalt. Det mildare vädret har sannolikt gjort att evapotranspirationen blivit mindre omfattande än den varit med normala temperaturer vilket gjort att markfukten varit tillfredställande för grödan och för N-upptaget. De lägre temperaturerna kan också ha gjort att mineraliseringen av markens N hämmats. Den förmodade lägre mineraliseringen kan vara en anledning till att år 2010 uppvisar det bästa sambandet då jordar med kraftig mineraliseringspotential ofta uppvisar

sämre samband mellan predikterat och faktiskt N-behov (figur 47). Maj månad var precis som mars och april kyligare än normalt men nederbördsmängderna var över de normala. Kombinationen av lägre temperaturer mars-maj och riklig nederbörd under maj månad har troligtvis gjort att stora delar av tillförd mängd N har kunnat utnyttjas av grödan. Vid mättillfället (DC 37) i månadsskiftet maj/juni fanns förmodligen, pga. gynnsamt väder, inga större mängder N kvar i marken. Mätresultatet och den rekommenderade N-givan har därmed inte störts av N i marken som frigjorts vid senare tillfälle.

2011

År 2011 är det år som uppvisar sämst korrelation mellan N-Testerns mätvärde och faktiskt N-behov. Orsaken till det svaga sambandet är troligen den nederbördsfattiga våren, framförallt april (figur 42), vilken gjort att höstvetet inte kunnat tillgodogöra sig den tillförda mängden N. Under maj månad när regnmängderna var mer normala var skadan redan skedd och skördepotentialen hade reducerats. På grund av den eftersatta grödan blev upptaget av det N som fanns i marken relativt lågt och vid mättillfället (DC 37) i månadsskiftet maj/juni fanns mycket N kvar i marken. I och med att N-Testern inte tar hänsyn till mängden markkväve blev rekommendationerna ofta för höga. I 42% av de 110 observationerna hade det tillförts tillräckligt, eller överoptimalt, för att nå N_{opt} . Trots det rekommenderade N-Testern i många fall kompletteringsgödsling vilket framgår i grafen (figur 44) då ett flertal punkter placerar sig där x-axelns värde är 0. Att så många observationer inte haft ett behov av ytterligare N-gödsling är sannolikt, som nämnts ovan, ett resultat av vårtorkan och en underutvecklad gröda.

Intervjuer

Ett genomgående mönster när man betraktar fältförsöken är N-Testerns ofta för höga rekommendationer. I 39 % av fallen (435 observationer), åren 2008-2011, överskred rekommendationen N_{opt} med mer än 20 kg N/ha. Denna företeelse gäller sannolikt inte enbart undersökta år då flera lantbrukare och rådgivare i intervjudelen har samma erfarenhet. Av tillfrågade lantbrukare ansåg 30 % (figur 12) att N-Testerns rekommendationer var för höga och 22 % av rådgivarna (figur 22) angav detsamma. Trots att många lantbrukare och rådgivare upplever rekommendationerna för höga är det förhållandevis många som utnyttjar N-Testern. Hela 85 % av lantbrukarna (figur 9) samt 78 % av rådgivarna (figur 21) svarade *Ja* eller *Ibland* på frågan om de använder sig av N-Testern. Den höga användarfrekvensen kan tyckas egendomlig då 71 % av lantbrukarna även uppgett att de tvivlat på N-Testerns rekommendation (figur 14) samt att 50 % av rådgivarna tvivlar på sambandet mellan mätvärde och faktiskt N-behov (figur 22). Ifrågasättandet av N-Testerns rekommendationer är positivt med tanke på fältförsökens många gånger svaga samband mellan predikterat och faktiskt N-behov. Den skepsis som finns tycks dessutom omsättas i praktiken då nästan alla av de 71 % lantbrukare som tvivlat på mätvärdet själva korregerat riktgivan (figur 15). Detta antyder att få lantbrukare litat blint på verktyget och utnyttjar troligen en eller flera andra metoder för att bestämma riktgivan till N-sensorn. Även om

flertalet lantbrukare redan är nyttigt skeptiska till N-Testern och kombinerar den med andra metoder måste informationen om verktygets funktion och felkällor nå ut bättre. Hela 61 % av tillfrågade lantbrukare uppgav att de aldrig blivit informerade om de felkällor som föreligger vid mätning (figur 18).

Jämförelser med tyska resultat och bättre kalibreringsunderlag

N-Testerns prestation och tillförlitlighet under tyska förhållanden har varit avsevärt bättre än i Sverige (Link, 2012). Sambandet mellan predikterat och faktiskt behov i de tyska undersökningarna ligger ungefär runt $r^2=0,7$ årligen. Anledningen till de mindre goda resultaten i Sverige kan vara att försöksplanen, som ligger till grund för kalibreringen av N-Testern, är felaktigt konstruerad. Axel Link vid Yara i Tyskland har några förslag till en mer lämplig försöksplan och förklaringar till de svenska resultaten:

- Antal gödslingstillfällen bör vara tre istället för två och mätning med N-Testern ska utföras precis innan de två sista gödslingarna, DC 30-33 och DC 37-39. Att använda N-Testern vid två tillfällen är fördelaktigt då det i tyska försök visat sig att N-Testerns rekommendation kan kompensera för en felaktig första rekommendation i DC 30-33 oavsett om den varit för hög eller för låg. Möjligheten att rätta till en tidigare felaktig rekommendation är inte möjligt i Sverige då gödslingsrekommendationer endast finns för ett enda tillfälle.
- Första N-givan ska variera, inte som i svenska försöksserien M3-2278 vara 40 kg N/ha i alla led. Om N-givan vid alla gödslingstillfällen varierar och bildar en N-stege kommer N-Testerns värden också variera mer vilket ger ett bättre kalibreringsunderlag.
- Ett till flera extraled bör ingå i försöksplanen där man gödslar enligt N-Testerns rekommendationer precis efter mätning. Dessa led är enbart till för att utvärdera N-Testerns prestation och ingår inte i N-responskurvan och beräkning av N_{opt} .
- Ta bort led med kraftig N-gödsling innan mätning. De led i de svenska försöken som gödslats kraftigast kan ha stört kalibreringen. Anledningen till detta är en sk. mättnadseffekt vilken innebär att N-Testerns värde skiljer sig väldigt lite åt trots olika N-givor i de högsta leden då klorofyllkoncentrationen är nära maximum. Att N-Tester värdet är mer eller mindre detsamma i de högsta leden samtidigt som N-givan skiljer sig åt stör kalibreringen då denna bygger på N-Tester värdet och tillförd mängd N.

Nya försök vars enda syfte är till för att kalibrera N-Testern har av Yara lagts ut i Skåne. Försöken har legat i två år, 2011 och 2012, och försöksplanen är bättre utformad och antar många av de förändringar Axel föreslagit ovan. Någon ny kalibrering av N-Testern baserat på dessa försök har dock ännu ej gjorts.

Slutsats

Av de fyra år som undersökts uppvisar 2010 det starkaste sambandet mellan predikterat och faktiskt N-behov och 2011 det svagaste med korrelationsvärden på $r^2=0,68$ respektive $r^2=0,26$. Orsaken till så pass olika resultat är årsmånen då N-Testern tenderar att överskatta N-behovet under torra år. För höga rekommendationer är också vanliga på jordar vars mineraliseringspotential är kraftig. N-Testerns tillförlitlighet, vad gäller uppskattning av N-behov i höstvete, är i dagsläget inte tillräckligt hög för att verktyget ensamt ska kunna användas för att bestämma kompletteringsgivans storlek. Om N-Testern ska användas vid en eventuell kompletteringsgödsling bör mätningen utföras av en erfaren användare som kan tolka extremvärden som beror på yttre variabler och personen ska dessutom vara medveten om de felkällor som föreligger vid själva mätningen. En vidareutveckling av verktyget är önskvärd där man kan ta hänsyn till torka och jordens mineraliseringspotential vilka tycks vara de enskilt största felkällorna. Dessutom bör fler nya försök med en bättre försöksplan placeras ut på spridda platser i Sverige vilket kan ge ett bättre kalibreringsunderlag och högre tillförlitlighet för N-Testern.

Referenser

- Albertsson B. 2011. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2012. Jordbruksinformation 21 – 2011. Jordbruksverket.
- Barracough P.B & Kyte J. 2001. Effect of water stress on chlorophyll meter readings in winter wheat. Fourteenth International Plant Nutrition Colloquium, Hannover, Germany, pp. 722-723.
- Brentrup F. 2011. Yara Research Centre Hanninghof, Tyskland. Per. med.
- Duru M. 2004. Simplified nitrogen assessment of orchardgrass swards. Agron. J. 96:1598-1605.
- Dobermann A., Witt C., Dawe D., Gines HC., Nagarajan R., Satawathananont S., Son TT., Tan PS., Wang GH., Chien NV., Thoa VTK., Phung CV., Stalin P., Muthukrishnan P., Ravi V., Babu M., Chatuporn S., Kongchum M., Sun Q., Fu R., Simbahan GC. & Adviento MAA. 2002. Site-specific nutrient management for intensive rice cropping systems in Asia. Field Crops Res. 74:37-66.
- Eek K. 2002. Bladgödsling med kväve i spenat och provning av kalksalpetermätaren. Examensarbete, nr 124, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Ellen J. & Spiertz J.H.J. 1980. Effects of rate and timing of nitrogen dressings on grain yield formation of winter wheat (*T. aestivum* L.). Fertilizer research 1:177-190.
- Ericsson J. 1988. Kväve och kvävegödsling. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 373, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Farruggia A., Gastal F., Scholefield D. 2004. Assessment of the nitrogen status of grassland. Grass Forage Sci. 59:113-120.
- Fertilizers Europe. 2011.
<http://www.fertilizerseurope.com/site/fileadmin/issuu/Overview2011.pdf> (2012-08-24).
- Fogelfors H. 2001. Växtproduktion i jordbruket. Natur och Kultur/LTs förlag.
- Follet R.H. & Follet R.F. 1992. Use of a chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dryland winter wheat. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23:687-697.
- Havlin J.L, Beaton J.D, Tisdale S.L, Nelson W.L. 2005. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. Pearson Education Ltd.
- Hecht-Buchholz C. & Ortmann U. 1994. Untersuchung von Weizen im Feldversuch mit dem Hydro-Chlorophyllmeter und dem Elektronenmikroskop bei unterschiedlichen Stickstoff-

Düngungsstufen. Kongressband 1994 Jena. Vorträge zum Generalthema des 106. VDLUFA-Kongresses vom 19-24.9.1994 in Jena.

Hellström S. 2008. SMHI: Väder och Vatten 13/2008.

Hellström S. 2009. SMHI: Väder och Vatten 13/2009.

Hellström S. 2010. SMHI: Väder och Vatten 13/2010.

Hoel B.O. 2002. Chlorophyll Meter Readings in Winter Wheat: Cultivar Differences and Prediction of Grain Protein Content. *Soil and Plant Sci.* 52:147-157.

Krupnik TJ., Six J., Ladha JK., Paine MJ., Kessel CV. 2004. An assessment of fertilizer nitrogen recovery efficiency by grain crops . In: Mosier AR et al (eds) *Agriculture and the nitrogen cycle: assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment*. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Paris.

Link A. 2012. Yara Research Centre Hanninghof, Tyskland. Per. med.

MacKenzie G.H. & Taureau J-C. 1997. Recommendation systems for nitrogen – a review. *The Fertilizer Society Proceedings*. 403:1-50.

Markwell M., Osterman J., Mitchell J. 1995. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis research*. 467-472.

Matsunaka T., Watanabe Y., Miyawaki T., Ichikawa N. 1997. Prediction of grain protein content in winter wheat through leaf color measurements using a chlorophyll meter. *Soil Sci. Plant Nutr.* 43:127-134.

Monje O.A. & Bugbee B. 1992. Inherent limitations of nondestructive chlorophyll meters: a comparison of two types of meter. *HortScience* 27:69-71.

Neukirchen D. & Lammel J. 2002. The chlorophyll content as an indicator for nutrient and quality management. *Nawozy I Nawozenie-Fertilizers and Fertilization* 11:89-109.

Olfs H-W., Blankenau K., Brentrup F., Jasper J., Link A., Lammel J. 2005. Soil-and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations in arable farming. *J.Plant Nutr. Soil Sci.* 168, 414-431.

Ommen O.E., Donnelly A., Vanhoutvin S., van Oijen M., Manderscheid R. 1999. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO₂ concentrations and other environmental stresses within the ESPACE wheat project. *Eur. J. Agron.* 10:197-203.

Ortuzar-Iragorri M.A., Alonso A., Castellón A., Besga G., Estavillo J.M., Aizpurua A. 2005. N-Tester use in soft winter wheat: Evaluation of nitrogen status and grain yield prediction. *Agronomy Journal* 97:1380-1389.

- Peltonen J., Virtanen A., Haggren E. 1995. Using a chlorophyll meter to optimize nitrogen fertilizer application for intensively-managed small-grain cereals. *J. Agron. Crop Sci.* 174:309-318.
- Peng S., García R.C., Laza R.C., Kassman K.G. 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. *Agron. J.* 85:987-990.
- Prioul J-L., Brangeon J., Reyss A. 1980. Interaction between external and internal conditions in the development of photosynthetic features in a grass leaf. I. Regional responses along a leaf during and after low-light or high-light acclimation. *Plant Physiol.* 66:762-769.
- Rice C.W., Havlin J.L., Schepers J.S. 1995. Rational nitrogen fertilization in intensive cropping systems. *Fertilizer Res.* 42:89-97.
- Schepers J.S., Francis D.D., Vigil M., Below F.E. 1992. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 23:2173-2187.
- Simán G. 1974. Nitrogen status in growing cereals. The Royal Agricultural College of Sweden, 93 pp.
- Singh V., Singh B., Singh Y., Thind H.S. & Gupta R.K. 2010. Need based nitrogen management using the chlorophyll meter and leaf colour chart in rice and wheat in South Asia: a review. *Nutr Cycl Agroecosyst* 88:361-380.
- SMHI. 2012. <http://www.smhi.se/klimatdata/Arets-vader-och-vatten/Sverige/varen-2011-den-kalla-vintern-foljdes-av-en-varm-var-1.18787>; <http://www.smhi.se/klimatdata/Arets-vader-och-vatten/Sverige/sommaren-2011-varm-och-blot-1.18788> (2012-04-18)
- Stenberg M., Söderström M., Gruvaeus I., Stenberg B., Bjurling B., Gustafsson K., Krijger A-K. & Pettersson C-G. Orsaker till skillnader mellan rekommenderade kvävegivor och de verkliga eller beräknat optimala i praktisk spannmålsodling – kan vi öka kväveeffektiviteten? HS-rapport nr 5/09. Skara.
- Taiz L. & Zeiger E. 2006. *Plant physiology*. Sinauer Associates, Inc.
- Uzik M. & Zofajova A. 2000. Chlorophyll and nitrogen content in leaves of winter wheat at different genotypes and fertilization. *Rostlinna Vyroba.* 46:237-244.
- Weinhold B.J. & Krupinsky J.M. 1999. Chlorophyll meter as nitrogen management tool in malting barley. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30:2551-2562.
- Wells B.R., Morelock T.E., Motes D.R. 1992. Response of 'Fall Green' spinach to rates of nitrogen and sulfur fertilizers. *Research Series-Arkansas Agricultural.* 421:115-117.

- Wells KL. 1984. Nitrogen management in the no-till system. *In*: Hauck R. (ed) Nitrogen in crop production, pp 535-550. Am Soc Agron, Madison, WI.
- Wollring J., Reusch S., Karlsson C. 1998. Variable nitrogen application based on crop sensing. The Fertilizer Society Proceedings. 423:1-27.
- Yara AB. 2011. Yara N-Tester bruksanvisning. Utgåva: 01.2011
- Yara AB. 2012. Gödslingsråd säsongen 2012. 2012.
- Zadoks J.C, Chang T.T, Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 4:415:421.
- Ziadi N., Bélanger G., Claessens A., Lefebvre L., Tremblay N., Cambouris A.N., Nolin M.C., Parent L-E. 2010. Plant-Based Diagnostic Tools for Evaluating Wheat Nitrogen Status. Crop Sci. 50:2580-2590.
- Ziadi N., Bélanger G., Gastal F., Claessens A., Lemaire G., Tremblay N. 2009. Leaf nitrogen concentration as an indicator of corn nitrogen status. Agron. J. 101:947-957.